Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT, BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE, BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN, GÖTTINGEN · H. v. FICKER, WIEN · R. GRAMMEL, STUTTGART

O. HAHN, BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN, BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL, UTRECHT · M. v. LAUE, BERLIN · E. v. d. PAHLEN, POTSDAM

F. SAUERBRUCH, BERLIN · H. SPEMANN, FREIBURG I. BR. · H. STILLE, BERLIN · F. v. WETTSTEIN, BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 14/15 (SEITE 201—224) · 4. APRIL 1941 · 29. JAHRGANG

INHALT:

Vom Erlernen unbenannter Anzahlen bei Vögeln. Von O. KOEHLER. (Mit 20 Figuren) 201

Außenwelt und Wahrscheinlichkeit. Von FELIX STUMPF 218

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN:

Über die zwischen linearen Kettenmolekülen mit Peptidbindungen wirkenden intermolekularen Kräfte. Von R. BRILL. (Mit 1 Figur) 220

Über den Mechanismus der Verfestigung des Naturseidenfadens beim Spinnen. Von R. BRILL 221

Über das Viskositätsgesetz für Fadenmoleküle. Von H. STAUDINGER und K. EDER 221

Die Methode der acidimetrischen Ausfällung. Von WERNER RATHJE 221

Versuche zur Markierung von Tabakmosaikvirus mit Radiophosphor. Von H. J. BORN, A. LANG, G. SCHRAMM und K. G. ZIMMER . . 222

BESPRECHUNGEN:

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, 19. Band. Redigiert von F. Trendelenburg in Gemeinschaft mit F. Hund. 19. Band. (Ref.: H. Kienle) 223

ULICH, HERMANN, Kurzes Lehrbuch der physikalischen Chemie. 2. veränd. und ergänzte Auflage. (Ref.: W. Jost) 224

Debyeflex

Röntgen-Apparat

für Feinstruktur-Untersuchungen

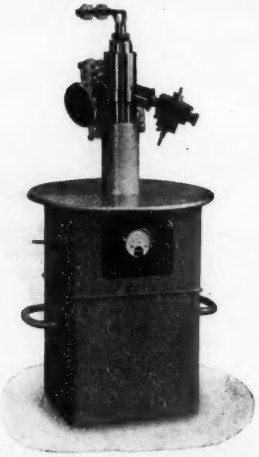
Aufnahmegeräte

der verschiedensten Art für

Laue

Debye-Scherrer und

Rückstrahlaufnahmen



Fordern Sie Literatur und Angebote über unsere Apparate und Geräte an, die Ihnen kostenlos zur Verfügung stehen

Rich. Seifert & Co., Hamburg 13

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung oder jede Postanstalt bezogen werden. Preis vierteljährlich RM 9.60. Hierzu treten bei direkter Zustellung unter Kreuzband die Versandspesen bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelpreis dieses Heftes RM 1.— zuzüglich Porto. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Studierende, ferner Ärzte in nicht vollbezahlter Stellung erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 22/24, erbeten.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung (entsprechend § 42 des Verlagsgesetzes) der in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihre Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Anzeigen werden von der Verlagsbuchhandlung angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe erfragen. Letzter Annahme-Termin: 12 Tage vor Erscheinen der betreffenden Nummer.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 22/24
Fernsprecher: 21 81 11.

BEZUGSQUELLEN

ANALYSENWAAGEN

Sartorius-Werke, Aktiengesellschaft, Göttingen

MIKROSKOPISCHE HILFSMITTEL

Bernhard Halle Nachf., Berlin-Steglitz, Hubertusstraße 11: Polarisations-Optik

MIKROTOME

Sartorius-Werke, Aktiengesellschaft, Göttingen

PHYSIKALISCHE APPARATE

Berliner physikalische Werkstätten G. m. b. H., Berlin W 35, Woyrschstr. 8. Telegrammadr. Physik

PRÄZISIONSWAAGEN

Sartorius-Werke, Aktiengesellschaft, Göttingen

SPEKTRALAPPARATE

Bernhard Halle Nachf., Berlin-Steglitz, Hubertusstraße 11: Spektral-Optik für d. sichtb. u. U-V-Gebiet

J. D. Möller G. m. b. H., Wedel/Holstein

Zur Zeit

ist Anzeigen-Preisliste

Nr. 4 gültig

Keine Wundbehandlung ohne Ultraviolett-Bestrahlung!

Schnelle Überhäutung, rasches Austrocknen, ganz starke bakterizide Wirkung, wirksame Desodorierung, schnelle Schmerzfreiheit und überaus günstiger Heilverlauf.

Jede Operation, jeder Verbandwechsel sollte mit einer Bestrahlung mit der „Künstlichen Höhensonne" — Original Hanau — abgeschlossen werden. (Näheres Schrift Nr. 931.)

Quarzlampen-Gesellschaft m. b. H.,

Hanau a. M. · Postfach 44

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

29. Jahrgang | 4. April 1941 | Heft 14/15

Vom Erlernen unbenannter Anzahlen bei Vögeln[1]).

Von O. KOEHLER, Königsberg i. Pr.

Seit Menschen denken, sehen wir sie mit den Fragen des tierischen Innenlebens beschäftigt. Religionsstifter, Dichter und Philosophen aller Jahrtausende haben sich darüber ausgesprochen; auch heute ist kein Mangel an immer neuen Theorien, von der Seelenwanderung bis zur Entelechie, Archetypenlehre usw., die alle nichts gemeinsam haben außer der Bestimmtheit, mit der sie vorgetragen werden, und ihrer Unbeweisbarkeit. So begreift man es, wenn namhafte Vertreter der heute bereits anerkannten Zweige naturwissenschaftlicher Lebensforschung sagen, es könne eine Tierpsychologie als Wissenschaft überhaupt nicht geben, jedes Ausmalen tierischen Innenlebens unterbleibe am besten ganz, da ja doch kein Mensch tierische vermeintliche Seeleninhalte erleben könne.

Aber liegt es beim Menschen nicht grundsätzlich genau so? Jeder Mensch kann auch nur sich selbst erleben; vom Säugling wissen wir nichts, fremde Völker sind unsagbar schwer zu beurteilen, ja unsere nächsten Mitmenschen können wir, leider nicht ganz selten, sträflich mißdeuten. Und doch leistet die Psychologie des Menschen, soweit sie sich naturwissenschaftlicher Methoden bedient, uns heute schon praktisch brauchbare Voraussagen, z. B. in der Fliegereignungsprüfung. Die Ergebnisse der vergleichenden Sinnesphysiologie der Tiere sind allgemein anerkannt, wir können z. B. über das Farbensehen der Elritze und Honigbiene (K. v. FRISCH) ebenso sichere Aussagen machen wie über das des Menschen. Aus der vergleichenden Physiologie des Zentralnervensystems kommen uns entscheidende Anregungen (E. v. HOLST). Die vergleichende Verhaltensforschung hat aus den Freilandbeobachtungen guter Naturkenner und aus den Erkenntnissen einiger begnadeter Tierhalter (CH. O. WHITMAN, O. HEINROTH, K. LORENZ) sehr viel Neues gelernt, das die zeitweise etwas erstarrte Experimentalforschung im Laboratorium auflockert und mit neuen Fragestellungen belebt.

Daß alle die anfangs erwähnten vorwegnehmenden Scheinlösungen uns keinen Schritt weiterführen, das hat die wahrlich hinreichend lange Erfahrung gelehrt. Doch entsteht vor unseren Augen aus den soeben genannten Arbeitsrichtungen eine neue *Vergleichende Psychologie* als Naturwissenschaft, die des erklärenden Zusatzes „der Tiere und des Menschen" als einer Selbstverständlichkeit nicht mehr bedarf. Sie allein wird uns die Synthese zwischen Natur- und Geisteswissenschaften bringen, auf die wir vergeblich warteten, seit die jungen Naturwissenschaften erfolgreich neben die älteren Geisteswissenschaften traten. Nur diese Vergleichende Psychologie wird uns dereinst die Stammesgeschichte auch des Menschengeistes aufzeigen, indem sie nach streng naturwissenschaftlicher Methode (vergleichende Induktion und Experimentalanalyse, MAX HARTMANN) den seelischen Vermögen nachgeht, welche Tiere verschiedener Organisationsstufe miteinander und mit dem Menschen gemeinsam haben.

Nicht nur alles Körperliche, von den Zellen mit ihren Chromosomen und Erbfaktoren über den Stoffwechsel, über Entwicklung und Fortpflanzung bis hinauf zu den feinsten Koordinationsleistungen des Zentralnervensystems, teilen, wenn auch immer artverschieden genug, Tiere und Mensch miteinander, sondern ebenso gewiß, mit einer einzigen sogleich zu erwähnenden Ausnahme, auch alles Seelische. Wir kennen alle menschlichen *Sinne* auch bei den Tieren; die Lehre von der *Orientierung* im Raume und in der Zeit läßt sich erfolgreich überhaupt nur für Tiere und Mensch gemeinsam abhandeln. Alle unsere *Affekte*, wie Liebe, Haß, Angst, Zorn, Lust und Ekel, spiegeln sich unzweideutig in vergleichbaren Zügen tierischen Verhaltens wider. Und Tag für Tag wird es deutlicher, wie fruchtbar K. LORENZ' Analyse der sog. Instinkte, die er als Verschränkungen angeborener autonomer *Instinktbewegungen*, ebenfalls angeborener, jedoch von außen her gesteuerter *Taxieen* und von allem individuell *Erlernten* zu deuten lehrte, auch für den Menschen ist. LORENZ hat bei den Schwimmenten bereits viele der so definierten Instinktbewegungen katalogisiert und gezeigt, daß sie zu stammesgeschichtlicher Beurteilung der Artverwandtschaften genau so wichtig sind, wie die Merkmale des Körperbaues. So können wir sie, nebst ihren Auslösern, deren ererbte bzw. erworbene Anteile wir streng auseinanderzuhalten beginnen (angeborenes Schema — Prägung — Erlerntes), auch in uns selbst ebenso auffinden. Wir lernen ihre mitteilende Bedeutung als wichtigste Grundlage allen sozialen Verhaltens kennen, und abermals entdecken wir in uns selbst unerhört viel in Strenge mit den tierischen Zügen Vergleichbares. Gerade aus der vergleichenden Instinktforschung wird der Mensch entscheidende Dinge von größter weltanschaulicher und praktischer Bedeutung zu lernen haben. Die Erhaltung der Menschenvölker in ihrem Daseinskampfe wird davon abhängen, ob sie auf ihrer höheren Stufe der Ethik jene erhaltensmäßige Zielstrebig-

[1]) Nach einem Vortrag, gehalten am 8. April 1940 im Rahmen der „Dahlemer Biologischen Abende" der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft.

keit, z. B. ihrer Fortpflanzungsinstinkte, wieder erreichen werden, die sie verloren, als sie dem Verstand die Kontrolle ihrer Instinkthandlungen zugestanden.

Nur ein Gebiet ist bisher unangegriffen geblieben, und dieses erscheint uns heute als einziger rein menschlicher Sonderbesitz: die artikulierte Sprache als Grundlage menschlicher Begriffsbildung und damit aller höheren, allein menschlichen Seeleninhalte bis hinauf zu Wissenschaft, Kunst und Religion. Trotz aller Mitteilungsbedeutung tierischer Instinktbewegungen und tierischer Laute hat doch noch *kein Tier eine Wortsprache*, und somit auch keinen Geist. Deshalb hat, so glaube ich, solange allein die Geisteswissenschaften sich mit der Sprache befaßten, noch niemand etwas Bleibendes über den Ursprung der Sprache aussagen können. Am erwachsenen Menschenleib kann der Anatom keine Entwicklungsgeschichte treiben, und nie hätte er Furchung, Keimblätterbildung und Organdifferenzierung aus dem Bau des fertigen Körpers herleiten oder voraussagen können; er mußte vielmehr Entwicklungsgeschichte treiben, die ihm, genau umgekehrt, erst das Endstadium begreiflich machen konnte. Innerhalb einer Stufe läßt sich immer nur bestenfalls beschreibendes und ordnendes Verständnis erzielen; um zu erklären, muß man auf tiefere Stufen zurückgreifen. Die Naturforscher sind sich heute über die Stammesgeschichte des Menschenkörpers in den Grundzügen einig, und allein der Geist des mitteleuropäischen Philosophen sollte diskontinuierlich und fertig in die Welt gesprungen sein, wie Athene aus dem Haupte des Zeus? Auch der Geist ist ein Erzeugnis des Lebendigen; alles Lebendige aber hat seine Stammesgeschichte. Allein bei den Tieren können wir die Vorstufen des Menschengeistes suchen; und was wir da bei ihnen finden, das erkennen wir gleichlautend auch in uns selbst als *vorsprachliche Grundvermögen*, auf die uns erst der Vergleich mit dem Tier aufmerksam macht. Erleben wir nicht unseren Einfall, etwa die lange vergeblich gesuchte Lösung einer wissenschaftlichen Aufgabe, plötzlich als subjektive Tatsache, *noch ehe* er in Worte gefaßt ist? Dem beglückenden „Ich hab's" *folgt* erst das Suchen nach dem sprachlichen Ausdruck, das noch manches Ringen kosten kann. Alles Sinnlich-Anschauliche, das wir in seinem Reichtum erlebnismäßig verfügbar halten, geht in den Einfall ein, und keine Sprache vermag es zu erschöpfen. Die Anweisung des Tischlermeisters an seinen Lehrling, des Gesanglehrers an seinen Schüler („der Ton muß in der Maske sitzen") sind in ihrer sprachlichen Form deshalb wissenschaftlich unverständlich bis unverständig, weil der Meister von der exakten Physik und Chemie des Holzes, bzw. von der Anatomie und Physiologie der Stimme herzlich wenig versteht. Das schadet dem Unterricht jedoch wenig oder nichts, denn der Schüler versteht seinen Meister ausgezeichnet. Das, was er meint, sitzt dem Lehrling sozusagen in den Fingerspitzen, die Messer und Hobel führen, bzw. im Erlebnis des Sichabmühens um die richtige Tonerzeugung. Alle Zunftsprachen sind voll von solch wissenschaftlich unhaltbaren Bildern und Symbolen, die nur für den einen Sinn erhalten, der selbst sich um das körperliche Können müht. Wie groß ist ferner der Unterschied zwischen dem persönlichen Erlebnis eines Verkehrsunfalls, der Bruchteile einer Sekunde währte, und den stundenlangen Vernehmungen, Protokollen und Rekonstruktionsversuchen bei der Bestandsaufnahme und hinterher vor Gericht. Bei einem Kampf Mann gegen Mann denken Menschen sicher sehr wenig, Tiere gar nichts, und doch kämpfen Tiere oft schlagfertiger als Menschen. Über allen sprachlichen Ausdrucksmöglichkeiten vergessen wir nur zu leicht all die unzähligen, rein sinnlichen Vorformungen dessen, was die Sprache hinterher mühsam und oft inadäquat genug nachzubilden sich bemüht.

So lohnt es sich wohl, bei Tieren, die sich ohne Worte und ohne Geist, sonst aber genau wie wir und oft erfolgreicher als wir in demselben dreidimensionalen Raume und derselben eindimensionalen Zeit zurechtfinden, nach solchen vorsprachlichen Grundvermögen zu fahnden, die in unserer Stammesgeschichte Voraussetzungen für unsere Geistesentwicklung gewesen sein müssen. Das sei hier auseinandergesetzt am Beispiel der menschlichen Geistestätigkeit, die wir das *Zählen* nennen.

Ein noch nicht ganz 4-jähriges Kind, dem soeben bei knappster, fast widerwillig gegebener Auskunft auf seine Fragen die Zahlwörter von 1 bis 6 angeflogen waren, sagte angesichts einer Trambahn: „Da kommt die 3 und hat drei Wagen; das paßt zu dem, was sie ist." Die 3, eine *Ziffer*, die das Kind las; drei Wagen, eine *Anzahl*, die es anschaulich erfaßte; das „paßt" zueinander: die richtige praktische Anwendung des *Zahlbegriffs*. Genau so erlernt das Kind auch das Sprechen wie von selbst. Nur die Wortlaute muß es wirklich lernen, genau wie der spottende Singvogel. Das Vermögen aber, sie mit abgrenzbarem Inhalte zu erfüllen, sie zu Sätzen, zu Urteilen zu verbinden, ist angeboren. Kaum sind ein paar Worte erlernt, so verhaken sie sich auch schon von selbst zum ersten Aussagesatz, der sogleich sachlich sinnvoll und wahr ist; doch noch nie hat ein Papagei, auch wenn er noch soviel Worte sänge, spontan einen sinnvoll wahren Satz daraus gebildet. Ebenso genügte jenem Kinde der gesicherte Besitz des Anfangs der Zahlenreihe, um auch sogleich für sich nach eigner Methode das Addieren und Subtrahieren zu erfinden: „Wieviel ist 2 und 3? — Zwei. Drei — eins; vier — zwei; fünf — drei. Fünf ist es." Oder: „Ich will dir mal was sagen: Die 6 ist von der 5 eins mehr."

Ich schicke als Ergebnis der folgenden Untersuchungen voraus: dies alles hat kein Tier. So sehr sich seine Sinneswahrnehmungen, seine Erinnerungen, seine angeborenen Schemata mitsammen zu „anschaulichen Begriffen", ja zu „anschau-

lichen Urteilen" gestalten mögen, so etwa im Spiel oder im Zweikampf, wo jede feindliche Blöße zielsicher ausgenützt wird: Wortbegriffe überhaupt, geschweige denn den Zahlbegriff, das Tertium also zwischen Ziffer und Anzahl, hat noch niemand bei einem Tier nachgewiesen, auch wir nicht. Wohl aber lernten wir sinnliche Grundvermögen bei unseren Vögeln kennen, die wir ebenso besitzen und aus denen sich unser echtes Zählen stammesgeschichtlich entwickelt haben muß. Ihr Nachweis beruht auf gegen 100000 einzeln protokollierten Versuchen meiner Mitarbeiter W. FISCHEL, O. MÜLLER, H. WACHHOLTZ, W. ARNDT †, E. MAROI[illegible] und K. SCHIEMANN. Während der Versuche d[illegible]ten wir an 3 km Film, aus denen wir später 4 S[illegible]ufilme (vgl. Schriftenverzeichnis) zusammens[illegible]en. Sie leisten naturgemäß zur Veranschaulichung des Handelns der Versuchstiere viel mehr, als die daraus entnommenen Stehbilder dieser Darstellung. Jeder kritische Leser sollte, ehe er urteilt, zuvor diese Filme sehen. Das behauptete Können beweisen auch sie für sich allein nur dort angenähert, wo natürliche Versuchsfolgen wiedergegeben sind. Im übrigen aber hat die in den Originalarbeiten mitgeteilte Versuchsstatistik das letzte Wort, für deren kritische Verwendung und Gestaltung unter stetiger Mitbeachtung des gesamten Verhaltens des Vogels im Versuch — auch davon kann der Film nur Zufallsbeispiele geben —, ich mich verbürge. Von wenigen besonders erwähnten Ausnahmen abgesehen ist im folgenden nur von Ergebnissen die Rede, die statistisch voll gesichert sind. Was ich hier von der Statistik mitteile, hat meist nur Beispielswert.

Diese Leistungen haben unsere Vögel durch *Dressur* erlernt, und doch ist es *kein Vogelzirkus* gewesen. Ein Zirkuselefant schien Rechenaufgaben richtig zu lösen, indem er so oft mit dem Rüssel klopfte, wie es das Ergebnis der Aufgabe gerade wollte. Nur die kritischen Zuschauer, die statt des Elefanten vielmehr den Herrn nicht aus den Augen ließen, sahen des Rätsels Lösung: sobald das Tier mit Klopfen aufhören sollte, hob der Herr das blinkende Metallstäbchen mit dem Widerhaken, das Zeichen seiner Führung und Macht über den mächtigen Dickhäuter, eine winzige Spur. Wer immer mit höheren Tieren Lernversuche anstellt, kann sich gar nicht selbstkritisch genug auf unwillkürliche Zeichengebung beobachten, um nicht unversehens derselben Selbsttäuschung zu verfallen wie jene Herren der sog. „zahlensprechenden" Hunde und Pferde, die das lächerliche Schauspiel gaben, selbst zu rechnen, zu reimen und zu philosophieren in dem Wahne, das täten die Versuchstiere.

Wir haben alles Erdenkliche getan, um diese wahrhaft tückische Fehlerquelle unwillkürlicher Zeichengebung auszuschalten. Auf manche Versäumnisse hat uns der Film aufmerksam gemacht, so daß wir sie rechtzeitig ausschalten konnten. Ich kann nur bestätigen, daß die Gefahr unwissentlicher Zeichengebung geradezu ungeheuer ist. Viele höheren Tiere bemerken und befolgen kleinste Mitbewegungen, wie wir alle sie unweigerlich machen, wenn wir einem Handelnden innerlich mithandelnd zusehen, viel besser als der der Sprache vertrauende Mensch. In allen unseren Dressuren (außer den allerersten) und Versuchen war der Versuchsleiter dem Tier stets unsichtbar und unhörbar. Die *grundsätzliche Unterscheidung zwischen Dressur und Versuch*, die die vgl. Sinnesphysiologie und Lernpsychologie in Strenge K. v. FRISCH verdankt, ist diese: *Die Dressur*anordnung nimmt dem Tier mehr oder weniger die Möglichkeit, nach seinem Willen zu handeln, und zwingt ihm unmittelbar oder mittelbar den des Menschen auf. Ob und wieweit das in genügend häufigen Wiederholungen geglückt ist, das lehrt erst *der Versuch*, in dem der Mensch auf jeden Eingriff verzichtet und so dem Tier Gelegenheit gibt, ganz unbeeinflußt in selbständigem Handeln zu zeigen, ob und was es gelernt hat. Die strengste Form des Versuches ist der „unwissentliche", hier *Spontanversuch* genannt, in dem auch der Mensch auf den Anblick des selbständig handelnden Tieres verzichtet, so daß er nicht nur nicht unwissentliche Zeichen geben kann, sondern darüber hinaus selbst „Gedankenübertragung" ausgeschlossen ist, falls jemand diese hier für möglich halten sollte. Erst Versuche oder gar Spontanversuche beweisen eindeutig den Lernerfolg. Im Zirkus dagegen werden nie Versuche gemacht, sondern man dressiert vor unseren Augen weiter. Unsere Filme zeigen fast nur Spontanversuche; in der Statistik der Originalarbeiten sind sie gesondert aufgeführt.

Das *erste Grundvermögen*, das unsere Vögel mit dem Menschen teilen, ist die Fähigkeit, zwei Mengen anschaulich allein der Anzahl ihrer Glieder nach zu vergleichen, wenn sie gleichzeitig im Raum nebeneinanderliegen. Sehen wir nebeneinander 2 Haufen von Punkten, Körnern oder was sonst, so ist für uns das Verhältnis des Mehr oder Weniger sogleich anschaulich gegeben, und zwar (nach Versuchen an 101 Menschen) bis zur Anzahlgrenze 6:5, wenn man die Doppelbilder nur so kurze Zeit zeigt ($^1/_{25}$ sec.), daß niemand die Einzelstücke abzählen kann. Die entsprechende Dressuranordnung *der Zweigruppenwahlen an der Körnerplatte* zeigt Fig. 1. Die Taube ist gewöhnt, durch das Türchen im Hintergrund zum quer davorliegenden Pappstreif zu kommen und dort Körner zu finden. Nun sieht sie links und rechts in gleichem Abstande vor sich zwei Körnergruppen, hier z. B. die erlaubte („positive") aus 3 Körnern, die verbotene („negative") aus zweien. Wendet sich die Taube sogleich zur erlaubten, so darf sie sie fressen und die Aufgabe gilt für gelöst (+), auch wenn sie hinterher noch von der verbotenen Gruppe naschen will, in welchem Falle sie meist fortgescheucht wurde (+ S). Geht sie jedoch zuerst zur verbotenen Gruppe, so wird sie sogleich gescheucht und kann nichts fressen; die Aufgabe gilt als nicht gelöst (—). Im „Versuch" greift

der Versuchsleiter, im dunklen Beobachterstand verborgen, überhaupt nicht ein; die Taube kann tun und lassen, was sie will.

In solchen Dressurreihen lernten Tauben die folgenden Anzahlpaare zu unterscheiden (die positive Anzahl, d. h. die erlaubte, steht immer voran, die verbotene dahinter): 2 : 1, 1 : 2, 3 : 2, 3 : 4, 4 : 3, 3 : 5, 5 : 3, 5 : 4, 6 : 4 und 6 : 5, die letzte Unterscheidung allerdings nur vorübergehend (alle

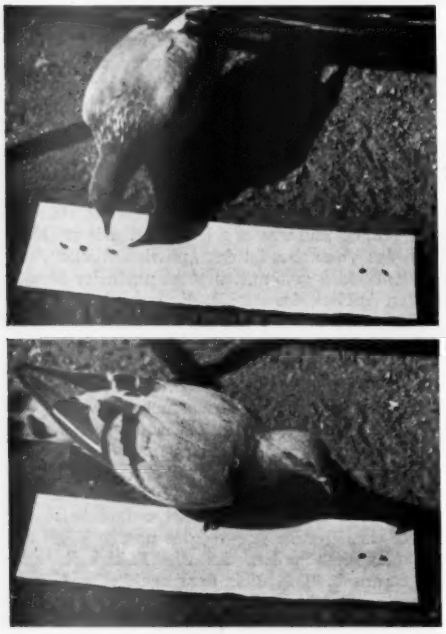


Fig. 1. Taube Nichtweiß (Taubennamen nach dem Gefieder) im Zweigruppenwahlversuch 3 : 2 an der Körnerplatte. *a*) hat sich richtig entschieden, beginnt zu fressen. *b*) hat sich nach Verzehr der erlaubten Gruppe zur verbotenen gewendet, Haltung der Straferwartung („schlechtes Gewissen"), wird im nächsten Augenblick blitzschnell ein verbotenes Korn picken, ehe sie weggescheucht werden konnte. Trotz diesem Nachpickenwollen der verbotenen Gruppe gilt der Versuch um der richtigen Erstwahl willen positiv.

Versuchsreihen insgesamt 7107 Versuche). Die Aufgaben gehen fast ebensooft gegen die Spontanneigung zum größeren Haufen wie mit ihr. Jede Aufgabe mußte neu erlernt werden. Bei 2 : 3 und 3 : 2 schon lag eine Klippe, die wir, als es anfangs bei — wie üblich — ständig wechselnder Lage der Körner in der Gruppe nicht glücken wollte, durch „Figurenhilfe" überwanden: wir legten die Körner der Dreiergruppe stets als gleichseitiges Dreieck aus, um dieses nach Beherrschung der Formunterscheidung „Dreieck gegen Linie" allmählich zur Dreipunktlinie einzuebnen. Anschließend gelang die Unterscheidung dann völlig formunabhängig. — Sittiche lernten die Aufgaben 1 : 2, 2 : 1, 2 : 3, eine Dohle die beiden letzteren, und zwar beide Vogelarten auch die letzte Aufgabe von Anfang an formunabhängig, ohne Figurenhilfe (zusammen 4299 Versuche). Nach der Grenze fahndeten wir hier mit anderer Methode.

Vor *Punktgruppen auf Kästchendeckeln* (erlaubter Kasten mit Futter, verbotener leer, kein Scheuchen, allein die Enttäuschung bei vergeblichem Öffnen als „Strafe") hatten FISCHELS Tauben nicht einmal 2 : 3 gelernt. Also gaben wir derselben Taube „Nichtweiß", die inzwischen an Körnergruppen schon bis 6 : 5 gediehen war, dieselbe Aufgabe (Fig. 2). Unsere Taube lernte auch

Fig. 2. Taube Nichtweiß nach richtiger Lösung der Aufgabe 2 : 3 (Punktgruppen auf Kästchendeckeln, Dreieck fast ausgeebnet).

nach dieser Methode die geforderte Unterscheidung, allerdings ebenfalls nur über Figurenhilfe (Ausebnen des Dreiecks), und meisterte sie endlich lageunabhängig (+ 75,2 ± 1,8 % in den letzten 559 Versuchen). Doch war es ihr so schwergefallen, daß ARNDT auf diesem Wege nicht weiterzugehen wagte. Statt dessen versuchte er die Übertragung der Aufgabe auf die Körnerplatte: ohne Neudressur bot er Nichtweiß plötzlich statt der Kästchen die 2 und 3 als Körnergruppen, und zwar mit völlig negativem Erfolge.

Ganz wesentlich besser arbeiteten die Dohlen. Obwohl SCHIEMANN bei Dohle Rotgelb mit 3 und 4 Tuschepunkten auf Kästchendeckeln begann, und zwar von Anfang an nahezu ohne jede Figurenhilfe (Fig. 3 zeigt je 2 der je 7 durcheinander verwendeten Lageanordnungen der 3 bzw. 4 Punkte), gelang die Dressur einwandfrei. Im letzten Hundert von insgesamt 800 Versuchen gab es folgende „Positivserien" [z aufeinanderfolgende Richtiglösungen bei vorbestimmtem[1]) Aufgaben-

[1]) Während der Dressur wechseln anfangs die Aufgaben (positiv links bzw. rechts) „dressurgemäß", so nämlich, daß sie aufkeimender Seitenstetigkeit entgegenwirken. Die Entscheidung bringt der „vorbestimmte Aufgabenwechsel": Eine streng gerechte, beide Möglichkeiten gleich oft verwirklichende Reihenfolge wird aufgeschrieben und dann durchgeführt, gleich ob die Dohle richtig handelt oder nicht.

wechsel]: 4mal $z = 4$, 2mal $= 5$, 1mal 6, je 2mal 7 und 8, 1mal 9. Im Roulettespiel mit den gleichberechtigten Möglichkeiten Schwarz und Weiß, die rein zufallsmäßig wechselnd eintreten, gab es Gleichfarbserien in folgenden mittleren Prozentwerten: 1,3mal $x = 4$, 0,6mal $= 5$, 0,4mal 6, 0,1mal 7, 0,09mal 8, 0,02mal 9. Die Positivserien im Versuch sind also wesentlich häufiger als gleich lange Gleichfarbserien im Zufallsspiel zweier gleich wahrscheinlicher Möglichkeiten.

Als plötzlich statt der Deckelschälchen die Mehlwurmgruppen erschienen (Fig. 3 c), wandte die auf drei Punkte dressierte Dohle sich nach anhaltendem Betrachten zu den *drei Mehlwürmern* und hob nicht etwa den Deckel vom darunterstehenden Schälchen, sondern *fraß vielmehr die auf ihm liegenden drei Mehlwürmer*; die Vierergruppe blieb mehrere Minuten völlig unbeachtet. Ebenso verliefen weitere solche Spontanversuche, die 3 bzw. 9 Tage später eingeschoben wurden. Hier ist also die *dressurfreie Übertragung auf eine völlig neue Versuchsanordnung geglückt*. Dies Ergebnis ist wohl sehr hoch zu werten. Auch die menschlichen Zahlen sind noch nicht in allen Sprachen ganz objektunabhängig geworden. Es gibt Völker, die besondere Zahlensysteme für Menschen, für Haustiere, für Schiffe und alles im Wasser Schwimmende haben; sie setzen 3 Menschen, 3 Rinder, 3 Fische noch nicht zifferngleich. Bei Dohle „Rotgelb" aber war das Dressurergebnis unabhängig davon, ob 3 Punkte auf einem Deckel als Zwischenziel für den im Schälchen darunter verborgenen Köder 4 Punkten oder ob 3 unmittelbar freßbare Mehlwürmer 4 Mehlwürmern gegenüberstanden.

Während die Vögel bisher stets nur *eine* Aufgabe gleichzeitig zu behalten hatten, strebten wir jetzt von der leidigen Dressur fort und versuchten es mit der *Wahl nach Muster*. Hielt N. KOHTS ihrem Schimpansen auf der ausgestreckten Hand eine blaue Spielmarke hin, so wählte er aus einem vor ihm liegenden Haufen bunter Marken die blauen aus und legte sie ihr, Gleiches zu Gleichem, in die Hand, und ebenso verfuhr er mit jeder anderen Farbe, Farbzusammenstellung, Form usw. Theoretisch ist dabei die Anzahl vorzuweisender Muster unbegrenzt; so viele man ihm vorwies, so oft legte er ihnen Gleiches daneben. Weitere sichere Erfolge nach dieser schönen Methode sind bei Tieren seither meines Wissens nicht bekannt geworden.

Für unsere Fragestellung, ob der Vogel, falls überhaupt der Musterwahl fähig, seine Punktanzahlen allein nach der Anzahl und unabhängig von ihrer jeweiligen Lage in der Gruppe nach Muster wählen könne, wäre die Anzahl der Muster freilich praktisch eng begrenzt, denn Unterscheidungen über 6 Punkte hinaus dürfen wir ihnen laut den bereits dargestellten Versuchsergebnissen nicht zutrauen; auch der Mensch findet hier ja die Grenze seines Anschauungsvermögens, darüber hinaus muß er abzählen.

MAROLD begann mit der erheblich einfacheren Aufgabe, von je 2 Deckeln jeweils denjenigen öffnen zu lassen, der gleiche Farbe trug wie eine Mustertafel vor, hinter oder zwischen den beiden Kästchen. Das haben Sittiche nach schier unsäglichen Mühen gelernt: die letzten 200 von 1000 Versuchen ergaben 63 Plusprozent $\pm$ 10,2, sowie gute Positivserien. Als MAROLD aber die Farben bis zum immer gleichen Weiß verblassen ließ, auf dem allein die Punktgruppen (1 und 2) übrigblieben, die von Anfang an stets auf den Farbdeckeln zu sehen

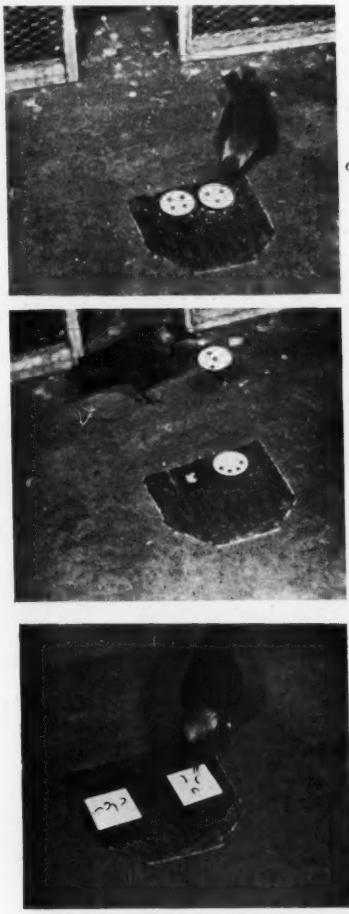
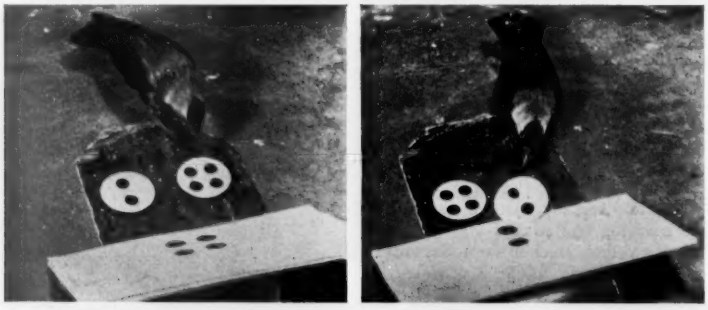


Fig. 3. Dohle Rotgelb (Dohlen- und Sittichnamen nach der Farbe ihrer Fußringe), Dressur auf 3:4 größenkonstant, lageunabhängig. *a*) ergreift den richtigen Deckel, *b*) hat ihn (andere Anordnung) richtig abgehoben, *c*) erster Spontanversuch mit Mehlwürmern statt der Deckelpunkte, richtig gelöst.

gewesen waren, war der Erfolg wie weggeblasen. Trotz aller möglichen Hilfen und nicht mehr zu überbietender Geduld hat MAROLD seine Sittiche nicht dazu gebracht, in Musterwahlen Punktgruppen als Befehlsanweiser zu benützen, d. h. von 2 Deckeln den mit 2 Punkten abzuheben, wenn die Zweipunktmustertafel es gebot, bzw. den Einpunktdeckel, wenn die Einpunkttafel dalag.



a *b*

Fig. 4.
Wahl nach Muster, Mustertafel im Bilde vorn, Deckelkästchen dahinter. Dohle Rotgelb, zwei richtige Wahlen.

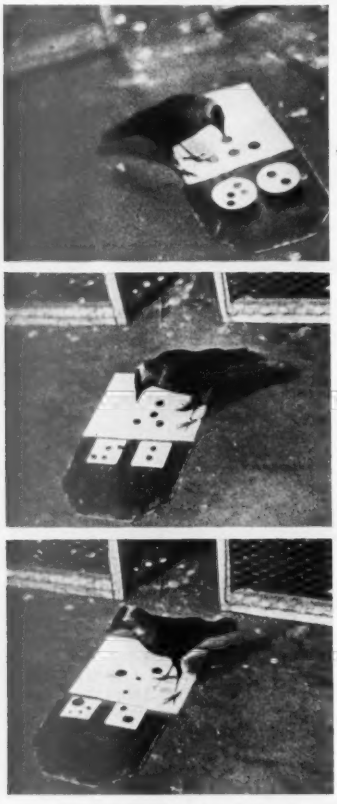
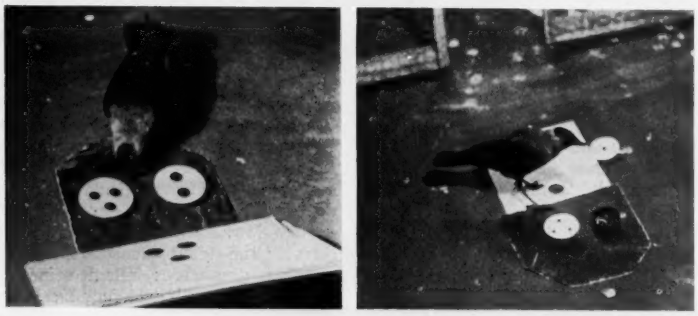


Fig. 5. Dohle Gelb, drei richtige Musterwahlen. *a*) Lageverschiedene und größengleiche Tuschepunkte, *b*) ebensolche Knetmassepunkte, jedesmal in neuer Anordnung aufgelegt, *c*) lage- und größenverschiedene Knetmassepunkte.

Dohlen jedoch haben diese Musterwahl geleistet, indem sie Punktgruppen als Befehlsanweiser zu werten lernten. Zwei Dohlen lösten die Aufgabe mit 2 und 4 Punkten, bei gleicher Lage und Größe der Punkte auf Deckeln und Tafel (Fig. 4), in 1369 bzw. 1328 Versuchen mit 65 bzw. 73 Plusprozenten im letzten Hundert bei vorbestimmtem Wechsel; die Positivserien waren beide Male beweisend, Dohle Rotgelb machte z. B. einmal 15 Versuche nacheinander richtig.

So schön diese Leistung an sich ist, so gehört sie doch eigentlich noch nicht zu unserem engeren Thema; denn die Dohlen könnten lediglich gelernt haben, gleiche Formen einander zuzuordnen. Um dasselbe von gesehenen Anzahlen zu behaupten, wäre Lage-, wenn möglich auch Größenunabhängigkeit der Punkte zu fordern. Fig. 5 gibt in *a*, *b* Beispiele für lageunabhängige, in *c* dazu auch für größenverschiedene Punkte, und von *b* an zeigten insbesondere Positivdeckel und Mustertafel stets verschiedene Lage bzw. Größe der Punkte, so daß das Versuchstier sich nur noch nach der Anzahlgleichheit richten konnte. Lageunabhängige größengleiche Punktgruppen unterschieden beide Dohlen, dazu noch größenverschiedene dagegen Dohle Rotgelb nicht mehr in statistisch voll gesichertem Ausmaß, wohl aber Dohle Gelb, und zwar überraschend schnell, fast nach Art eines „Aha"-Erlebnisses. Vor allem brachte wider alles Erwarten die Umstellung auf die frei aufgelegten Knetmassepunkte mit ihrer unbegrenzten Kombinatorik der Lagen (Fig. 5 *b*) und Punktgrößen (*c*) kaum einen Rückschlag. Vorbestimmter Wechsel allerdings war hier unmöglich, da das Tier sonst seitenstetig wurde, also überhaupt nichts mehr ansah. Solange Gelb jedoch

wählte, wählte sie gut[1]). Um zu ermessen, wie schwer die Aufgabe ist, stelle man sich ein Domino-

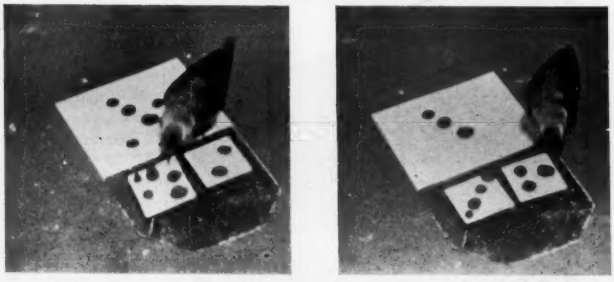


a *b*

Fig. 6. *a*) erste spontane Musterwahl mit 2 und 3, Dohle Rotgelb. *b*) Dohle Gelb, eine der ersten Spontanmusterwahlen mit 1 und 3, beide gelöst.

spiel vor, dessen Punktgruppen unbegrenzt lageverschieden sind und dessen Punkte innerhalb der Flächengrenzen von 1 zu 40 dauernd ihre Größe wechseln!

Als beide Dohlen die Wahl nach formgleichen Mustern auf 2 und 4 beherrschten, gelangen bei Rotgelb eingeschobene Spontanversuche auch mit 2 und 3 (formgleich, Fig. 6a) ohne weiteres, und ebenso bei Gelb ohne Neudressur die formgleiche Unterscheidung 1 und 3 (Fig. 6b). Auf diesem Wege ließ sich bei beiden Tieren die Aufgabe auf Darbietung beliebiger Paare von Gruppen aus 1 bis 5, ja gelegentlich 6 Punkten erweitern, wenn (Dohle Rotgelb) alle Punkte gleich groß und lagebeständig blieben (letzte 300 Versuche schöne Positivserien, längste 12gliedrig), und Dohle Gelb löste dieselbe Aufgabe auch lage- und größenunabhängig, wie Fig. 7 es bei Dohle Rotgelb erläutert. Der Film zeigt an ihr



a *b*

Fig. 7. Wahl nach Muster an Gruppenpaaren aus 1—5 Knetmassepunkten verschiedener Lage und Größe. Dohle Rotgelb wählt *a*) 5 gegen 2, *b*) 3 gegen 4, beides richtig.

[1]) Wer in diesem Verzicht auf vorbestimmten Wechsel bei den schwersten Aufgaben einen unberechtigten Verzicht auf volle statistische Schärfe der Beweisführung erblicken möchte, sei daran erinnert, daß die Wahl nach Muster zwischen zwei Deckelschälchen mehr Möglichkeiten der Aufgaben und vollends ihrer Aufeinanderfolgen bietet als eine gewöhnliche Zweifachwahl. So hat die soeben besprochene Aufgabe, nach Muster auf 4 bzw. 2 zu handeln, folgende vier Aufgabemöglichkeiten:

Nr.	Musterplatte	Deckel	
		li.	re.
1	4	2	**4**
2	4	**4**	2
3	2	4	**2**
4	2	**2**	4

Aus diesen 4 Aufgaben lassen sich 4! = 24 viergliederige Aufgabenfolgen bilden, von denen 8 das Tier abwechselnd links (li.) und rechts (re.) handeln lassen, wenn es richtig wählt. Eine von ihnen ist die hier wiedergegebene Folge 1, 2, 3, 4, die Punktanzahl des jeweils zuerst abzuhebenden Deckels ist fett gedruckt. Die 7 anderen lauten: 1 4 3 2 . 2 1 4 3 . 2 3 4 1 . 3 2 1 4 . 3 4 1 2 . 4 1 2 3 . 4 3 2 1. Der Versuchsleiter hat also Auswahl genug, ohne sein Versuchstier zu Seitenstetigkeit zu verleiten. Tritt sie doch ein, z. B. nach links, so stellt er bei dressurgemäßem Wechsel solange vorzugsweise nur die Aufgaben 1 und 3, die Rechtswahl fordern, also das linkswählende Tier jedesmal enttäuschen, bis es die Linksstetigkeit aufgibt. Aber auch währenddessen wird er gelegentlich einmal Aufgabe 2 oder 4 einschieben, da sonst die Gefahr der Rechtsstetigkeit droht. Die Tatsache, daß das Tier sich bei solch dressurgemäßem Wechsel die Seitenstetigkeit abgewöhnt, ohne doch je gescheucht zu werden, und daß es längere Positivserien liefert, kann nur auf richtiger Wahl nach Muster beruhen. Zudem ist in Wahrheit die Kombinatorik noch unendlich viel reicher als hier schon angegeben wurde; denn die dauernden Wechsel der Punktlagen und Punktgrößen kommen ja noch hinzu.

eine schöne Positivserie, im ganzen ist jedoch die Statistik für Rotgelb nicht hinreichend, wohl aber für Gelb. Vorbestimmtem Aufgabenwechsel war hier allerdings auch Gelb nicht mehr gewachsen (vgl. Fußn. S. 207). Solange sie aber wählte, hat sie auch diese schwerste Aufgabe unstreitig gemeistert.

In zahlreichen, äußerst verschiedenen Versuchsanordnungen hat sich die *Grenze des ersten Grundvermögens*, soweit untersucht, *bei Tauben, Wellensittichen, Dohlen und dem Menschen*, sofern er nicht nachzählen kann, *übereinstimmend* ergeben. Sie alle können bestenfalls 6 gegen 5 allein

Fig. 8. Nichtweiß nimmt dressurgemäß 6 von 13 Körnern. *a*) unmittelbar vor Beginn des Pickens, *b*) im Abgehen nach richtiger Lösung.

nach der Anzahl lage- und größenunabhängig unterscheiden, wenn sie 2 Gruppen gleichzeitig nebeneinander vor sich sehen.

War das *erste Grundvermögen ein räumliches des Gesichtssinnes*, so ist das jetzt zu besprechende *zweite ein zeitliches*, dem wir keinen der uns bekannten Sinne zuordnen können. Wir kennen kein „Zeitsinnesorgan" und daher auch keinen „Zeitsinn", auch wenn oft genug fälschlicherweise von einem solchen gesprochen wird. Dieses zweite Grundvermögen kommt unserem Zählen schon deutlich näher. Wir fragen, ob der Vogel sich in der zeitlichen Aufeinanderfolge gleichartiger Ereignisse zurechtfinden, insbesondere ob er sich ihre Anzahl merken kann, und wählen als ein dem Vogel besonders eindrucksvolles Ereignis seine Aufnahme eines Köders. Kann er lernen, von vielen daliegenden Ködern nur eine bestimmte kleinere Anzahl x aufzunehmen, den Rest aber liegenzulassen, bzw. von vielen dastehenden Kästchen nur x zu öffnen, die restlichen Deckel aber nicht anzurühren, usw.? Sobald er das Gebot überschreitet, muß er während der Dressur an der reichbeschickten Köderplatte gescheucht werden, bei Tauben durch einen Schlag von oben her (der sie selbst jedoch nie trifft) oder durch Wegschleudern des Körnerbretts, bei Sittichen durch Wegblasen der Körner oder durch plötzliches Verdunkeln. Bei Dohlen trat nur selten der Schlagscheucher in Tätigkeit[1]). An der Kästchenreihe dagegen (Fig. 16) kann der Vogel, so wie es auch in den Musterwahlversuchen der Fall war, sich selbst ohne jedes menschliche Eingreifen völlig straffrei dressieren: allein seine Enttäuschung, nach Abheben überzähliger Deckel die Kästchen darunter leer zu finden, gewöhnt ihm die Weiterarbeit ab.

Bei der Taube begannen wir an der Körnerplatte mit $x = 2$ und stiegen in immer neuen Dressuren über $x = 3$ bis 5 endlich auf 6 erlaubte Körner auf, wobei die Anzahlen gebotener Körner z. B. im letzten Falle unregelmäßig von 7 bis 13 schwankten (Fig. 8). Alle Versuche glückten einwandfrei (Tabelle 1), nur bei $x = 6$ war der Erfolg schwankend; vorübergehend aber wurde auch diese Aufgabe sicher gemeistert.

Tabelle 1. Körnerbrett. Taube Nichtweiß dressiert auf x erlaubte von y gebotenen Körnern.

x	y	n	$+ \% \pm m$	100 Vers. + %	längste Positivreihe
2	3— 6	7640	$82{,}2 \pm 0{,}14$	73	—
3	4— 7	620	$78{,}5 \pm 1{,}7$	84	18
4	5— 9	1350	$72{,}4 \pm 1{,}2$	85	22
5	6—11	700	$63{,}3 \pm 1{,}8$	76	9
6	7—13	830	$60{,}5 \pm 1{,}7$	62	7
		11140			

Affen haben ähnliche Aufgaben gelöst, aber ihre Leistung zerfiel bereits, als man bei gleichbleibendem Rhythmus nur das Zeitmaß der Darbietung änderte, an das sie sich während der Dressur gewöhnt hatten. — In unseren Versuchen kann der Pickrhythmus dagegen keine leitende Rolle gespielt haben, denn manchmal mußte Nichtweiß 2mal nach demselben Korn picken und löste dennoch die Aufgabe in den 276 Versuchen mit „Doppelpicken" 214mal richtig, leistete hier also mit 78 Plusprozent sogar etwas mehr als im Durchschnitt aller Versuche. Und für den Fall,

[1]) All dieses Scheuchen wurde nie von Hand, sondern über Alles- oder Nichts-Apparaturen vom unsichtbaren Versuchsleiter ausgeführt. Diese waren so gebaut bzw. eingestellt, daß er sie nur durch eine erhebliche Kraftanstrengung in stets gleichbleibender Stärke auslösen konnte. Damit ist auch hier unwissentliche Zeichengebung ausgeschlossen. Im Versuch ist der Scheucher abgestellt, im Spontanversuch sieht auch der Versuchsleiter das Tier während seines Handelns nicht.

daß sie ihren Schluckrhythmus registrieren sollte, zerstörten wir ihn gründlich, indem wir die Körner in 2 Gruppen teilten, eine kleine vorn, eine große hinten auf dem Taubenwege. Findet die auf 5 dressierte Taube z. B. vorn nur 3 Körner (Fig. 9*c*), so muß sie sich hinten noch 2 dazuholen, allgemein hinten so viel nehmen, als vorn an der 5 noch fehlen; nur wenn die Vordergruppe größer als 5 ist (Fig. 9 *e*), soll der Hinterhaufen unberührt bleiben (*f*). Wie Fig. 10 lehrt, waren die Spontanversuche mit 63,7 Plusprozent einwandfrei positiv. Nun braucht die Taube, wie die Bildanalyse der Filmstreifen lehrte, von der Aufnahme eines erlaubten Kornes bis zur nächsten im Mittel 0,67 sec, vom letzten der Vordergruppe bis zum ersten noch erlaubten der Hintergruppe 1,84 sec; also verzögerte sich das mittlere Zeitintervall durch den Weg zur Hintergruppe auf das Dreifache, und zwar in blindem Wechsel nach dem ersten, zweiten bis vierten Korn oder überhaupt nicht. Schon damit ist der Rhythmuseinwand eigentlich widerlegt. — Bei optimistischer Betrachtung möchte man meinen, die Taube könne addieren, nämlich $0+5=1+4=2+3=3+2=4+1=5+0$. Die sparsamstmögliche und daher einzige gebotene Deutung ist natürlich die uns bereits bekannte: die Taube kann rhythmus- und lageunabhängig auf 5 handeln.

Die aufsteigende Reihe erlaubter Körner bedeutet für dieselbe Taube, die diese Aufgaben nacheinander zu lösen bekam (Tabelle 1), von Aufgabe zu Aufgabe je ein Korn Zulage, also stets eine Erleichterung des Freßverbots und zugleich eine Erschwerung des Erfassens der Lösung. Da Kinder nach dem ersten manchmal schweren Anfang immer raschere Fortschritte im Zählen machen, so könnte man angesichts des verhältnismäßig mühelosen Lernens von Nichtweiß gerade bei den höheren x ebenfalls an spurenhafte Einsicht in das Wesen der Zahlenreihe denken. Dagegen spricht, daß die Rückdressur von der 6 auf die vorher schon ausgezeichnet beherrschte 5 viel schwerer und auch im Endergebnis schlechter gelang als die Erstdressur auf 5 in der aufsteigenden Reihe. Zu sicherer Entscheidung dienten *Erstdressuren auf höhere x* an Sittichen und Dohlen. Soweit man überhaupt verschiedene Individuen und Tierarten miteinander vergleichen kann, gelangen sie nicht besser und nicht schlechter als damals in der aufsteigenden Aufgabenreihe. Die Versuchsanordnung zeigt Fig. 11, wobei Körner*berührung* jede „Figurenhilfe" wohl radikal aus-

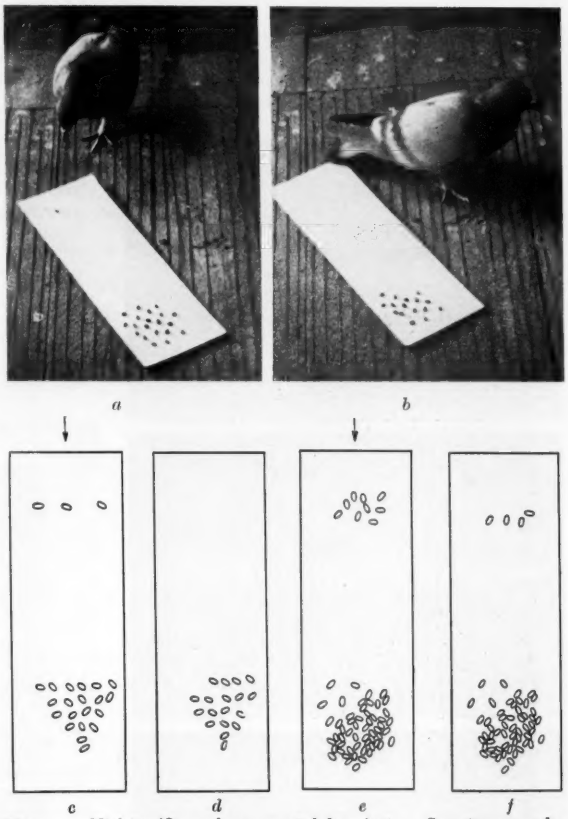


Fig. 9. Nichtweiß auf 5 zurückdressiert. Spontanversuche. Geboten *a*) 1 + 20, *b*) Lösung, *c*) 3 + 20, *d*) Lösung, *e*) 9 + 55, *f*) Lösung. Der Pfeil gibt die Richtung an, aus der der Vogel an die Versuchsanordnung herankommt.

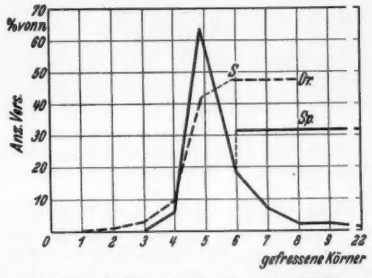


Fig. 10. Geboten in Vordergruppe 0—26, Hintergruppe 0—55 Körner. Verteilungskurve der 99 Spontanversuche, einzeln eingeschoben in die letzten 339 Dressurversuche (von insgesamt 747) auf $x = 5$. ——— Spontanversuche, - - - - die 339 Dressurversuche. *S* Scheuchen bei Dressur; *Sp* Spontanversuche, in denen mehr als 5 Körner genommen wurden, bei denen also in Dressurversuchen gescheucht worden wäre.

schließt. Der Hauptunterschied der Lernkurven (Fig. 12) von Nichtweiß (Tabelle 1) liegt darin, daß diese Taube die höheren neuen Aufgaben mit ziemlich hohen Positivprozentwerten begann: das Ausbleiben erwarteter Strafe beim Überschreiten

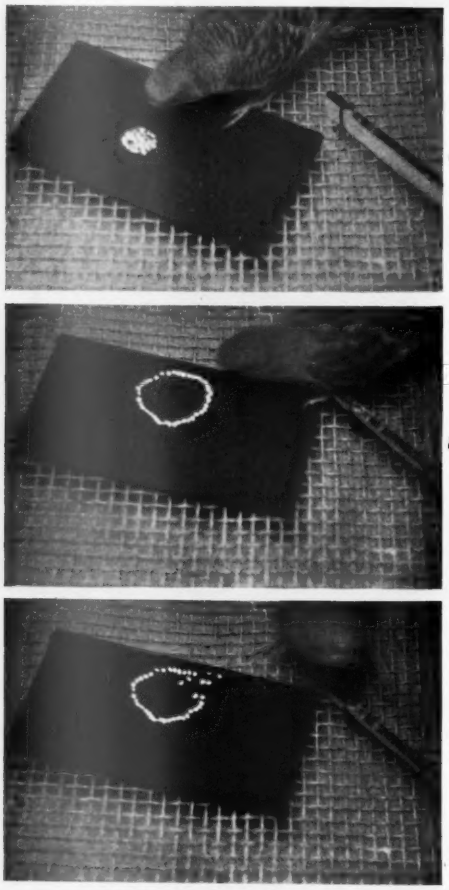


Fig. 11. Sittich Grün, Erstdressur auf $x = 2$ bei Körnerberührung. *a*) vor richtiger Lösung, *b*) 43 Hirsekörner geboten, *c*) richtig gelöst, 41 liegen da.

der vorigen Aufgabe um ein Korn bedeutet in der neuen Aufgabe eine richtige Lösung, ohne ein Verdienst zu sein; die Taube weiß ja nicht, daß der Versuchsleiter zu einer neuen Aufgabe übergehen will[1]). So begann Nichtweiß die Vierer-

[1]) Während dieser Übergang zur neuen Aufgabe also ganz mühelos gelingt, kann das gute Gedächtnis der Vögel für früher erlernte Lösungen die Umstellung oft recht erschweren, so daß es geboten ist, beim Aufgabenwechsel zugleich auch die Versuchsanordnung stark zu ändern. Ein Nachwirken früher beherrschter

dressur (nach soeben beherrschter 3) im ersten Versuchshundert mit 57 % richtiger Wahlen, der Sittich Dunkelgrün in Erstdressur dagegen mit 3 Plusprozenten; um so mehr „Platz" blieb ihm für den folgenden Aufstieg; die Lerngeschwindigkeiten jedoch sind überall durchaus vergleichbar.

Wer selbst noch in der „Körnerscheibe" der Fig. 11 Figurenhilfe wittert, den müssen die folgenden Anordnungen überzeugen, daß es gewiß auch ohne sie geht. Wir gehen von der bisherigen Simultandarbietung zur sukzessiven über; wie im Automaten die Briefmarken lassen wir jetzt die Körner *einzeln nacheinander am gleichen Ort* erscheinen. *Allein die Anzahl* in der Folge ihres Erscheinens kann dem Tier sagen, wann es aufzuhören hat, sein Handeln wird zur reinen Zeitgestalt. Einen Rhythmus lassen wir gar nicht erst aufkommen, indem wir beim Bedienen des

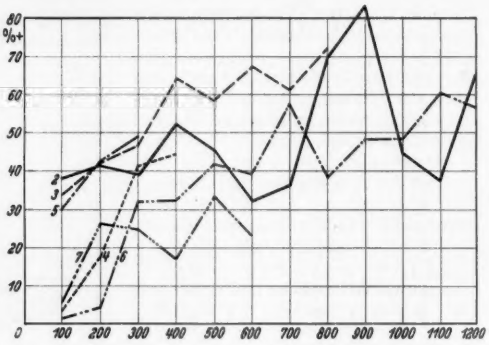


Fig. 12. Lernkurven von Erstdressuren. Kurve 2 ——— $x = 2$, Sittich Grün, vgl. Fig. 11. 3 - - - $x = 3$, Sittich Blau *r*, 4 ····· $x = 4$, Sittich Dunkelgrün. 5 —·—·—·, Sittich Grün I. 6 —··—··—·· $x = 6$, Sittich Gelb. 7 —···—···— $x = 7$, Sittich Blau. Nach MAROLD.

Automaten in völlig unregelmäßigem Wechsel Pausen von einer Sekunde bis zu einer vollen Minute zwischen die einzelnen Körner legen. Im Konzert würden die Zuhörer eher nach Hause gehen, als einen Rhythmus erkennen, wenn man plötzlich irgendwo 1 Minute Generalpause einschöbe.

Den ersten Automaten, die Drehscheibe, an 2 Ziehschnüren aus dem dunklen Beobachtungsstand bedient, der den Versuchsleiter verbirgt, zeigt Fig. 13 und Tabelle 2 die Ergebnisse.

Wie ersichtlich, meisterte Taube Blaugrau die Dressuren auf x freie Erbsen in aufsteigender Folge bis $x = 5$ einwandfrei; die Prozentwerte richtiger Lösungen liegen weit oberhalb des Zufallswertes für den Fall, daß sie nur gelernt haben

Lösungen war noch nach 4 Monaten deutlich bemerkbar. Wie man umgekehrt dieses zähe Erinnerungsvermögen ausnützen kann, sehen wir z. B. unten (S. 213/214) beim Aufbau der Mehrfachaufgaben.

sollte, irgendwann aufzuhören, also nicht alle erscheinenden Körner zu nehmen. Bei Dressur auf 5 erschienen z. B. immer 6 Erbsen, in Spontanversuchen wenn nötig noch mehr. Die Zufallswahrscheinlichkeit, daß die Taube gerade bei 5

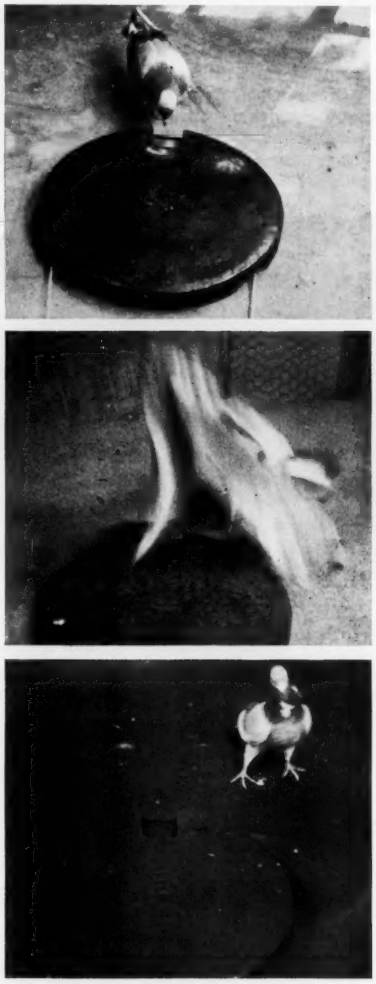


Fig. 13. Drehscheibenanordnung. *a*) Blaugrau in Dressur auf 2 freie Erbsen, beim Picken der ersten. *b*) unmittelbar nach Fallen des Scheuchstabes im Auffliegen (bel. $^1/_{48}$ sec), *c*) Widerstreit beim Anblick der herankommenden ersten verbotenen Erbse, für uns noch von der Blende verdeckt. Haltung des sog. „schlechten Gewissens".

aufhört, beträgt also im Dressurversuch 100 : 6 = 16,7 %, in den Spontanversuchen kann sie noch geringer sein. Eine Erstdressur auf 4 (Taube Grau)

Tabelle 2. Taube Blaugrau. *x* freie Erbsen auf Drehscheibe erlaubt. Letzte Zeile Taube Grau.

x	Alle Versuche		Spontanversuche	
	n	+ % ± m	*n*	+ % ± m
2	1530	57,6 ± 1,3	234	68 ± 3,3
3	1268	63,5 ± 1,4	164	64,6 ± 3,7
4	1506	60,0 ± 1,3	311	61,5 ± 2,8
5	1281	56,3 ± 1,4	252	58,4 ± 3,1
6	486	28,5		
4	560	57,4 ± 2,1 Erstdressur		

verlief gewiß nicht schlechter als dieselbe Dressur in der aufsteigenden Aufgabenreihe. Die 6 wurde nicht mehr erlernt.

In einer weiteren Versuchsreihe steckte ARNDT im Beobachtungsstand die Erbsen nacheinander in eine geschlossene *Rinne*, die am Boden in einem Becken endete (Fig. 14). Vom Erpicken einer

Fig. 14. Rinnenanordnung. Taube Braunweiß vor einer soeben zur Ruhe gekommenen Erbse.

Erbse bis zum Erscheinen der nächsten ließ ARNDT bunt wechselnd 1—30 sec vergehen; dazu setzte die Taube weitere nicht minder unregelmäßig wechselnde Verzögerungen, indem sie fast immer mehrfach nach derselben Erbse picken mußte, bis 15mal im Höchstfalle, eine grotesk wirkende Übersteigerung des oben besprochenen „Doppelpickens", die ebenfalls der Leistung (Tabelle 3) ganz und gar nichts schadete. Auch hier geht alles gut bis zur 6, die mißlingt.

Tabelle 3. Rinnenversuch, aufsteigende Aufgabenreihe. Alle Dressur- + Spontanversuche.

x	Taube Braunweiß		Taube Schwarz	
	n	+ % ± m	*n*	+ % ± m
2	1099	55,5 ± 1,5	744	56,7 ± 1,8
3	1885	57,8 ± 1,2	1201	57,9 ± 1,4
4	1618	58,1 ± 1,3	1500	55,9 ± 1,3
5	2166	51,7 ± 1,0	1901	52,3 ± 1,2
6	492	erfolglos	672	erfolglos
	7260		6018	

Bei der folgenden Dressur *auf x Kästchen* gibt der Blendenausschnitt von den Kästchen, die auf dem Drehscheibenrande stehen, immer nur eine

zur Zeit frei. Die ersten x beköderten soll die Taube öffnen, die folgenden leeren nicht. Taube Blauweiß, ein äußerst ruhiges Tier, gewöhnte sich das Öffnen überzähliger Kästchen straflos ab; auch in allen folgenden Versuchsreihen hat sie niemals eine Strafe erlebt und, wie wir sehen werden, vielleicht am besten von allen gelernt. Als nur der erste Kasten voll war ($x = 1$), fiel der 20. Versuch positiv aus, vom 101. bis zum 145. Versuch machte sie 80 und weiterhin 100% richtige Versuche, ein herrlicher, bei all unseren Vögeln nur dies eine Mal verwirklichter Zustand. Vor dem ersten verbotenen Kästchen konnte sie bis zu 15 Minuten in der Haltung dastehen, die Fig. 15 wiedergibt, und ARNDT wartete stets geduldig,

Fig. 15. Blauweiß vor dem ersten verbotenen Kästchen.

bis sie von selbst abging. Die viel temperamentvollere Taube Blaukopf mußte gescheucht werden und kam bis $x = 3$. Dies frühe Versagen ist verständlich. Jedes erlaubte Kästchen enthielt zahlreiche Körner, mit deren Aufnahme viel Zeit verging, und Kästchen sind, wie wir schon im ersten Teil sahen, als reine Zwischenziele viel schwerer der Anzahl nach festzuhalten als Körner. Als ARNDT aber bei Blauweiß ($x = 2$), vorerst nur um Zeit zu sparen, in jeden Kasten nur eine Erbse legte, merkte er bald, daß die Taube sich von Kästchen auf Erbsen umgestellt hatte: Als er einmal probeweise die 2. Erbse ins 3. Kästchen legte, hob Blauweiß 3 Deckel ab, arbeitete also anstatt „auf 2 Kästchen" vielmehr „auf 2 Erbsen". Damit hatte sie eine neue Versuchsanordnung entdeckt, die ARNDT folgerichtig ausbaute. Die neue Aufgabe lautet, *so lange (wechselnd zahlreiche) Kästchen zu öffnen, bis x Erbsen herausgekommen waren*. Von $x = 4$ aufwärts wählte er je 20 oder mehr Verteilungen der Erbsen in den Kästchen aus und ließ sie von Anfang an regellos miteinander wechseln, ohne die einzelnen besonders zu üben. Tabelle 4 gibt einige Beispiele, die sich nach dem Schweregrad für die Taube in folgende aufsteigende Reihe ordnen: Nr. 1, 13, 6, 21. Um ihre 6 Erbsen

Tabelle 4. Einige der Verteilungen von 6 erlaubten Erbsen in 6 Kästchen.

	Kasten:	I	II	III	IV	V	VI
Verteilung Nr.	1	6	—	—	—	—	—
	6	—	4	—	1	1	—
	13	2	2	2	—	—	—
	21	1	1	1	1	1	1

zu erbeuten, muß die Taube also bei Verteilung 1 nur einen Kasten öffnen, bei Verteilung 13 deren 3, bei 6 deren 5, bei 21 deren 6 und jedesmal die noch folgenden geschlossen lassen, damit die Lösung positiv gilt. In altgewohnter „Pomadigkeit" löste Blauweiß auch diese Aufgaben glatt

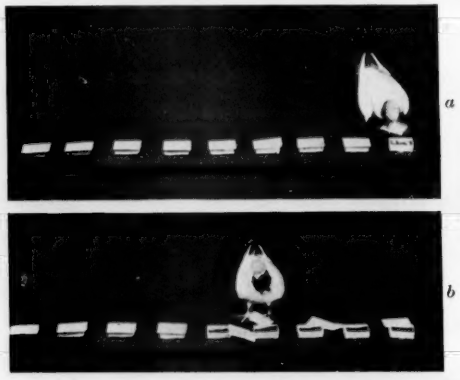


Fig. 16. Blauweiß an Kästchenreihe, $x = 6$. *a*) vor Verteilung 6 — nach Öffnung des ersten Kästchens, *b*) nach Lösung von Verteilung 1 3 1 0 1.

Tabelle 5. Blauweiß öffnet bei dauernd wechselnden Verteilungen Kästchen auf x Erbsen. x = 6 und 7 an Kästchenreihe.

x	n	+ % ± m
2	433	70,5 ± 2,2
3	1400	67,5 ± 1,3
4	781	71,4 ± 1,6
5	2919	67,3 ± 0,9
6	1163	67,3 ± 1,4
7	476	erfolglos
	7172	

(Tabelle 5). Der an sich sehr berechtigte Einwand, der Versuchsleiter habe vielleicht unbewußt die Drehscheibe erfolgbegünstigend bedient, wurde glänzend entkräftet, als Hilfspersonen, tageweise mit ARNDT abwechselnd, die Drehschnur im Beobachtungsstand förderten, ohne zu wissen, welche Aufgabe gerade daran war. Sie hatten lediglich den Auftrag, so lange immer weiterzudrehen, bis die Taube abgegangen war; vom Verteilen der Erbsen in die Kästchen bekamen sie nichts zu sehen. Trotzdem blieben die Ergebnisse auf alter

Höhe (in $x = 5$ der Tabelle mitenthalten: je 600 Versuche mit ARNDT an der Drehscheibe: 66,3 ± 1,9, mit Fremden: 65,2 ± 1,9; Differenz = 1,1 ± 2,7). Und nichts bleibt mehr einzuwenden übrig an der Kästchenreihe (Fig. 16), die die Taube stets von derselben Seite her angeht. Der Versuchsleiter beködert sie ebenso wechselnd wie zuvor beschrieben, verschwindet im Beobachtungsstand, sieht während des Versuchs nicht zu und nimmt erst draußen den Befund auf, nachdem er die Taube hat abgehen oder abfliegen hören. Selbst wer an Gedankenübertragung glauben möchte — und es wird ihm bald vergehen, wenn er selbst erlebt, wieviele Fehllösungen es gibt, obwohl der Versuchsleiter immer gleich stark wünscht, sie möchten positiv werden — kann hier nichts einwenden: der Versuchsleiter weiß ja nicht, wann er den Haltbefehl denken soll. Natürlich ist diesem Vorteil die Automatenanordnung geopfert, der Raumfaktor kommt wieder hinein, und den Rhythmus des Kästchenöffnens bestimmt

Fig. 17. Blauweiß in der Doppelaufgabe, weiße Deckel auf 4, gestreifte auf 2 Erbsen zu öffnen, nach Lösung der Einzelaufgabe $x = 2$ in Verteilung — 1 — 1. Der zweite Deckel ist mit der Farbseite nach unten abgefallen.

die Taube. Aber die wechselnden Verteilungen sorgen dafür, daß auch hier kein Schluckrhythmus aufkommen kann, und die Länge der Reihe der zu öffnenden Kästchen wechselt ebenfalls von Versuch zu Versuch unübersehbar zwischen 1 bis 6, wärend 9 Kästchen dastehen. Somit sind alle Raummerkmale bestimmt wirkungslos. Das Ergebnis bei $x = 6$ ist völlig beweisend (Tabelle 5). Die Dressur auf 7 dagegen, an die ARNDT nach diesem Erfolg mit vollem Optimismus heranging, mißglückte vollkommen.

So wie beim ersten Grundvermögen, so fragen wir weiter auch beim zweiten, ob der Vogel *mehrere Aufgaben zugleich* beherrschen, also je nach Befehl durcheinander auf $x = 4, 2, 5$ usw. handeln kann. An der *Kästchenreihe* diente *als Befehlsanweiser die Deckelfarbe*. Taube Blauweiß lernte, abermals straffrei, in nur 437 Versuchen einwandfrei, weiße Deckel auf 4, und damit unregelmäßig abwechselnd, gelbe mit schwarzem Diagonalstreif (Fig. 17) auf 2 Erbsen zu öffnen, beides bei wechselnder Verteilung der Erbsen in den Kästchen.

Da Papageien sprechen lernen, so wagte MAROLD, Wellensittichen auch *akustische Befehlsanweiser* zu geben. Während Hunde und Pferde bekanntlich zahlreiche Wortbefehle auch durcheinander richtig zu befolgen lernen, ist Gleiches meines Wissens bei Vögeln bisher noch nicht versucht worden. Wohl lehrte S. KNECHT[1]) sie, was ja auch Fische lernen, auf den Futterton hin zum Futter zu kommen und beim Gegenton *dieselbe* Handlung zu unterlassen. Hier jedoch sollen die Wellensittiche auf 2 Klänge mit *verschiedenen* Handlungen antworten, nämlich zu dem gesprochenen griechischen Zahlwort „dyo" immer nur 2, zum

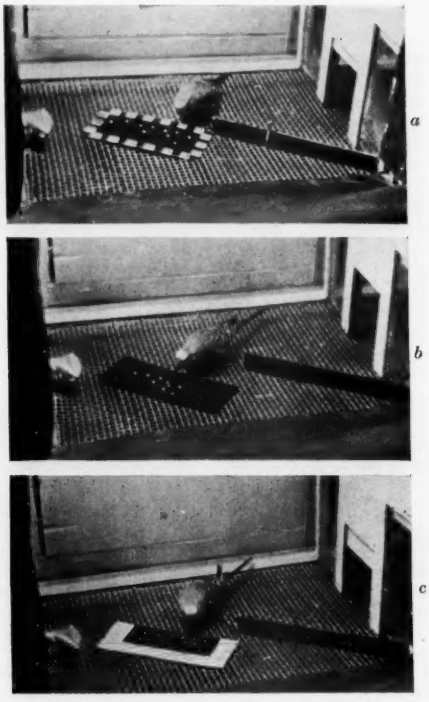


Fig. 18. Sittich Grün I in der Dreifachaufgabe *a*) auf 2 fressend bei schwarzweiß gewürfeltem Plattenrand, *b*) auf 3 an randloser Platte, *c*) auf 4 bei gelbem Rand.

„treis" immer nur 3 Hirsekörner vom gleichen Haufen nehmen (2300 Versuche, die letzten 300 mit unregelmäßig wechselnden Lagen und Anzahlen gebotener Körner [10 bis 20] und bei vorbestimmtem Aufgabenwechsel [s. S. 204, Fußn.]: 72,5, 63,5 68 Plusprozent). Wer aber, bestimmt fälschlich, meint, der Versuchsleiter habe durch die Art seines Sprechens ungewollte Hilfen gegeben, mag sich an die ebenso gute Leistung von Sittich Blau *l* halten, der zum Schall der elektrischen Klingel 2, zum Summer 3 Körner nahm. Beide Zeichen ertönten ununterbrochen, so lange der Vogel im Versuchsraum war. Von 1200 Versuchen hatten

[1]) S. Naturwiss. **1940**, 658—663.

das 10. und 12. Hundert bei denselben Erschwerungen wie oben 58 und 68 Plusprozent; das Lernen ging schneller als bei dyo und treis.

Übergehen wir die lange Reihe der Doppelaufgaben mit *Farbanzeigern*, so gipfelte ein Sittich in der *Dreifachaufgabe* (Fig. 18), vom Körnerbrett mit schwarzweiß gewürfeltem Rande immer nur 2, mit schwarzem 3, mit gelbem Rande 4 Körner von der gleichbeschickten Platte zu nehmen. Abgesehen von dem vorherigen Lernen der Einzelaufgaben genügten 800 Versuche zur Beherrschung. Während der letzten 400 Versuche gab es bei vorbestimmtem Aufgabenwechsel für alle 6 Wechsel (2→3, 2→4, 3→2, 3→4, 4→2, 4→3) zusammen im Mittel 62 Plusprozente; der höchste Prozentwert mit 68 und der tiefste mit 55 liegen beide bei Abwärtswechseln (4→3, 3→2), die den Vögeln naturgemäß am schwersten fallen. Dieser Sittich lernte einwandfrei die 3 Aufgaben, die sich um nur je ein erlaubtes Korn unterscheiden, auseinanderzuhalten und jede von ihnen mit einem anderen befehlsanweisenden Anblick der Körnerplatte zu verknüpfen.

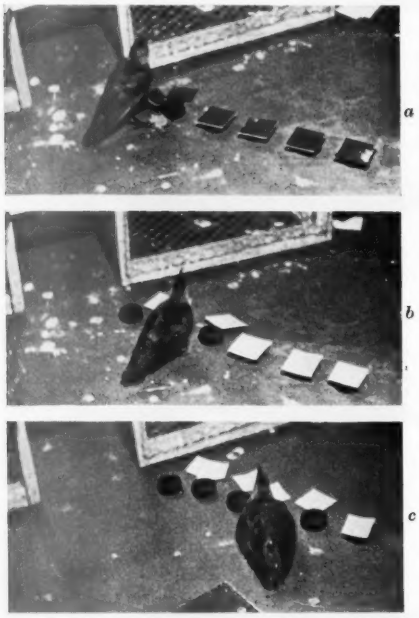


Fig. 19. Dohle Blau in Vierfachaufgabe nach richtiger Lösung, *a*) schwarze Deckel auf 2, *b*) grüne auf 3, *c*) weiße auf 5 Köder = Schälchen abzuheben, unmittelbar vor Abflug. Abheben roter Deckel auf 4 ist nicht abgebildet.

Er wurde noch übertroffen von der Dohle Blau, die die *Vierfachaufgabe* (Fig. 19) löste, an der Schälchenreihe schwarze Deckel auf 2, grüne auf 3, rote auf 4, weiße auf 5 zu öffnen, wobei anfangs jedes Schälchen einen Köder enthielt, so daß es aufs gleiche herauskommt, ob sie „auf Schälchen" oder „auf Köder" öffnet. Hierbei wurden bemerkenswerterweise die Lernzeiten mit zunehmender Schwierigkeit immer kürzer: nach langer Vorarbeit auf die Einzelaufgaben kam die Zweifachaufgabe in 500, die Dreifachaufgabe in 400 Versuchen zustande, und beim Hinzunehmen der 4. Einzelaufgabe war das Ergebnis schon im 2. Versuchshundert am besten [gute Folgeergebnisse, 5 Positivfolgen (Zufallswert 1,3 %) zu 4 Gliedern, zwei (0,6) zu 5, zwei (0,4) zu 6, eine (0,03) zu 10 Gliedern]. Und selbst mit je 5 wechselnden Verteilungen der Köder auf die Schälchen je Einzelgabe gelang dieselbe Vierfachaufgabe. Die 5 Verteilungen für $x = 2$ waren 1 — — — 1, 2 —, 1 1 —, 1 — 1 —, 1 — — 1; für $x = 5$ waren es diese: 5 —, 3 2 —, 2 2 1 —, 1 2 1 1 —, 1 1 1 1 1; usw.

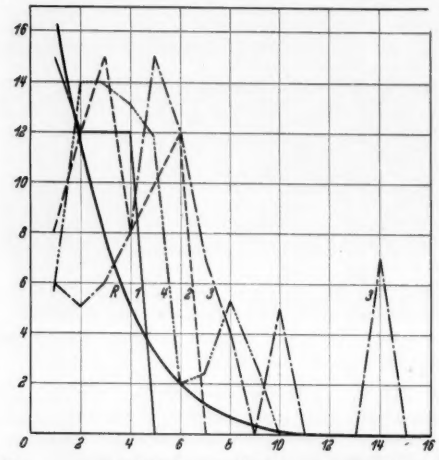


Fig. 20. Häufigkeit (Ordinate) der Positivserien (deren Längenabszisse) von Dohle Blau in der Vierfachaufgabe wie Fig. 19, jedoch mit wechselnden Verteilungen der Köder in den Schälchen, verglichen mit der Roulettekurve (ausgezogen). Kurve 1 ——— Einfachaufgabe $x=5$. Kurve 2 - - - - Doppelaufgabe 2 und 5. Kurve 3 —·—· Dreifachaufgabe 2, 3, 5. Kurve 4 —···—··· Vierfachaufgabe $x=2$, 3, 4 und 5. Einfach- und Zweifachaufgabe wurden, wie es beim Aufbau von Mehrfachaufgaben zweckmäßig ist, nicht sehr lange geübt. Nach SCHIEMANN.

Wie aus Fig. 20 ersichtlich, liegen die Positivserien auch der Vierfachaufgabe deutlich oberhalb der Zufallswerte (Roulette), doch nicht mehr so stark wie vordem bei der Dreifachaufgabe. Um zur theoretisch möglichen Höchstleistung vorzuschreiten, hätte man noch die 1 und die 6 hinzunehmen, also die Sechsfachaufgabe stellen müssen. Doch ist die 1 deshalb nie geübt worden, weil sie zu viel Scheuchen kostet, das sich dann in zu großer Bescheidenheit bei den höheren Aufgaben auswirkt, und die 6 glückt zwar auch bei Dohlen für sich allein einwandfrei, doch liegt sie eben an der

Grenze, und das Verlangen der Differenzierung gegen die 5 im dauernden Wechsel dürfte auch das Vermögen der Dohle übersteigen.

Freundliche Laien, denen ich die Filme ohne weitere Erklärung zeigte, haben meine Frage, ob diese Vögel wirklich zählten, fast immer nachdrücklich bejaht: Wenn man „zwei" sagt, nehmen sie 2, auf „drei" 3 Körner; sie können in Einzelaufgaben und ebenso schön auch durcheinander je nach Befehl 2, 3, 4, 5 und 6 Körner aufnehmen. Dürfen wir ihnen zustimmen?

Selbstverständlich war es nur Spielerei, daß wir Zahlwörter als akustische Befehle wählten; Klingel und Summer taten dieselben Dienste; Farben, die für uns gar keine Beziehungen zu Anzahlen haben, lernten die Vögel leichter als Laute mit befohlenen Handlungen zu verknüpfen. Ganz unabhängig von Objekt und Versuchsanordnung ist weder das eine noch das andere Vermögen, wenn auch einige Umstellungen erstaunlich glatt glückten, besonders die der Dohle von Punktgruppen (auf Schälchendeckeln) auf ebensoviele Mehlwürmer. Jede „Zähl"-Aufgabe mußte neu erlernt werden, Rückdressuren auf eine früher bereits beherrschte Aufgabe waren schwerer als der erste Lernakt. „Außer der Reihe" lernten die Vögel ebenso rasch wie in ihr. *So spricht für systematische Einsicht in das Wesen der Zahlenreihe schlechterdings nichts.* Und doch kann kein äußeres Zeichen dem Vogel sagen, nun ist es genug, das nächste Korn, der nächste Deckel müssen unberührt bleiben. Denn alle erdenklichen Hilfszeichen, wie der Figur, des Rhythmus, unbewußte Bewegungen oder Laute des Versuchsleiters wurden ausgeschaltet, und selbst der streng unwissentliche Versuch mit dem völlig unbeteiligten Versuchsleiter glückte, ja fast am besten. Also kann dem Vogel die Anmahnung zum Aufhören nur aus seinem Inneren kommen. Indem er während der Scheuchdressur immer nach x Körneraufnahmen weg muß, bzw. indem er sich stets nach x erfolgreichen Handlungen die erste Enttäuschung holt, muß sich in seinem Inneren die Handlungsbegrenzung auf x bilden, so daß er sie auch im völlig unbeeinflußten Spontanversuch beibehält. Wir nennen diese innere erlernte Handelnsbeschränkung den *inneren Vorsatz, auf x zu handeln.* Er muß, wie wir sahen, eine reine Zeitgestalt sein, jedoch ganz und gar nicht unseren Rhythmusvorstellungen vergleichbar. Im Räumlichen wäre etwas einigermaßen Ähnliches etwa die Weggestalt, die ein Tier im Labyrinthversuch oder bei sonst einer selbsterworbenen Wegdressur in sich festigt, oder beim Menschen die Formschemata der Buchstaben, die wir bei erheblicher Veränderlichkeit aller Einzelheiten doch immer wieder erkennen. Die Existenz eines solchen inneren Vorsatzes haben wir erwiesen. Fragen wir nun, wie er im Vogel und für ihn selbst aussehen mag, so läßt sich das natürlich mit objektiver Sicherheit niemals wissen, wohl aber kann man die bestehenden Möglichkeiten nach dem Sparsamkeitsgrundsatz jeder wissenschaftlichen Erklärung einengen, vielleicht bis nahe an die Eindeutigkeit heran.

Die verschwenderischste Annahme wäre zweifellos die, der Vogel zähle mit wie ein Mensch beim Salutschießen, sage also zwar nicht zu jedem aufgenommenen Köder deutsche oder altgriechische Zahlworte vor sich hin, aber markiere sie doch innerlich durch *qualitativ verschiedenwertige, eindeutig* gereihte Akzente, z. B. um beim Sprechdenken zu bleiben, wie wenn wir einen Abzählvers mitlaufen lassen, etwa „ha—he—hi—ho—hu". Welchem Empfindungsgebiet diese Akzente auch immer entlehnt sein mögen, praktisch kämen sie in ihrer Verwendbarkeit zum Abzählen der menschlichen Reihe *benannter Zahlen* gleich, wenn sie die beiden genannten Bedingungen erfüllen. Dann aber sollte der Vogel wenigstens spurenhafte echte Zahleneinsicht zeigen, woran es jedoch ersichtlich fehlte. Deshalb lehnen wir die Annahme der inneren Melodie aus qualitativ verschiedenen Akzenten in fester Reihung ab. *Der Vogel zählt nicht.*

Die sparsamstmögliche Annahme wäre demgegenüber die lauter *gleichartiger* Akzente; um im Bilde des Sprechens zu bleiben, würde der Vogel zu jedem aufgenommenen Köder dasselbe „sagen", die Reihenglieder seines inneren Vorsatzes wären also sämtlich gleich. Dann hat er *unbenannte Anzahlen* erlernt: er „sagt" sooft „hm", wie seine Reihe Glieder hat, und zwar in den recht weiten nachgewiesenen Grenzen rhythmusunabhängig. Für Mitteilung einfacherer Erklärungsmöglichkeiten wäre ich dankbar; mir ist keine bescheidenere eingefallen.

In seltenen glücklichen Fällen geht das von uns behauptete innerliche Markieren in sichtbare Intentionsbewegungen über. Im Taubenfilm I sieht man z. B. bei der Aufgabe, 2 von 3 gebotenen Körnern zu picken, mehrfach einen kurzen Lufthieb des Schnabels gegen das 3. Korn in positiven Spontanversuchen. Als einmal eine Dohle an der Schälchenreihe bei der Verteilung 1 2 1 — 1 auf 5 handeln sollte, brach sie nach Öffnen der 3 ersten Schälchen ab und ging zum Türchen hinaus, kam jedoch sogleich zurück, *nickte* im Vorbeigehen *dem ersten Schälchen einmal*, dem *zweiten zweimal*, dem *dritten einmal* zu, öffnete das leere vierte, entnahm dem fünften den letzten zuständigen Köder, ließ den Rest der Reihe stehen und ging endgültig ab. Die ersten 3 offenen Schälchen konnten ihr nicht erzählen, was vorher daringewesen war, noch auch daß ihr noch ein Köder an der gewohnten Ration fehlte. Es fällt einem dabei ein Kind ein, das beim Gedichtaufsagen steckenbleibt, von vorn wieder anfängt und die Klippe sozusagen im Anlauf nimmt. Diese Dohle *markierte* bei der Wiederholung des im ersten Anmarsch bereits erledigten Versuchsbeginnes dessen Ablauf in allen wesentlichen Einzelheiten durch nur knapp angedeutete Bewegungsanfänge, um dann den noch fehlenden Rest in vollendeten Bewegungen richtig „ins Reine" abzuhandeln.

Trifft unsere bescheidenste Annahme zu und ist sie erschöpfend, so möchte man wohl erwarten, daß *vorzeitiges Scheuchen* auf halbem Wege der Aufgabenlösung ein gut auf x dressiertes Tier nicht abhalten sollte, im folgenden Spontanversuch, weiterhin kurz als Folgeversuch bezeichnet, wieder auf das volle x der Dauerdressur zu handeln. Denn wenn alle ihre inneren Reihenglieder gleich sind, so wird sie vermutlich nicht bemerken, beim wievielten der unerwartete Scheuchschlag fiel. Das sah denn auch bei Tauben und Wellensittichen wirklich so aus. ARNDT schloß dementsprechend. Der Sittich aber wich bei diesem vorzeitigen Scheuchen so schwer wie sonst nie, als lehne er sich gegen die vorzeitige Unterbrechung mit allen Kräften auf. Aus der Tatsache, daß er dann im Folgeversuch immer wieder auf das alte volle x handelte, brauchte man demnach nicht zu schließen, er habe nicht gemerkt, beim wievielten Korn er vorzeitig gescheucht wurde; vielleicht hätte er nur auf seinem Recht bestanden. Auch könnte die alte Dressur mit ihrem ewigen Gleichmaß zu fest gesessen und die Aufmerksamkeit für unerwartete Nebenumstände vermindert haben. Alle unsere Vögel fressen, hungrig wie sie zum Versuch kommen, zumal bei hohen x anfangs rasch drauflos, um gegen Ende der Reihe immer deutlicher Scheucherwartung zu zeigen. Vor dem ersten verbotenen Korn kann man sie oft wahrlich nicht übersehen (Fig. 1 *b*, 13). Daher versuchte MAROLD, die gleiche Spannung schon von Anfang an zu schaffen, indem er dem Sittich im kritischen Folgeversuch eine neue Körnerplatte von abweichender Farbe oder Form bot, an die er in Vorversuchen erst so weit gewöhnt worden war, daß er wenigstens nicht ganz wegblieb. Das vorzeitige Scheuchen dagegen fand stets auf der altgewohnten Platte statt. Während Sittich Gelb in den 13 Folgeversuchen mit alter Platte nach vorzeitigem Scheuchen beim 3. bis 5. Korn der Dressursechs treu blieb (Mittel 5,77 Körner), hielt er in 10 entsprechenden Folgeversuchen mit neuer Platte zweimal genau die Anzahl des vorzeitigen Scheuchens ein, nämlich die 3; einmal unterschritt er sie um 1, zweimal überschritt er sie um 1 und fünfmal um 2 Körner; die 6 erreichte er nie.

Bei Dohlen gelang dasselbe sogleich auch bei unveränderter Versuchsanordnung, d. h. auf der alten Platte, ohne zusätzliche Verschüchterung. Dohle Bunt hatte völlig straffrei gelernt an der Schälchenreihe bei wechselnder Verteilung auf 5 Köder zu handeln; dieselbe Versuchsanordnung wurde oben für Taube Blauweiß ausführlich beschrieben (S. 212, Fig. 16, Tab. 4, Tab. 5, Reihe x = 6). Wurde die Dohle Bunt nun bei der Verteilung 3 1 1 — plötzlich gescheucht, nachdem sie gerade das erste Schälchen geleert hatte und noch bevor sie das zweite öffnen konnte, so bedeutet das im Sinne der Aufgabe ein vorzeitiges Scheuchen nach 3 Ködern. Nun schließen sich, natürlich sämtlich scheuchfrei, spontane „Folgeversuche" an. Im ersten war 4 1 — geboten; sie fraß nur das erste Schälchen leer, hatte also mit 4 Ködern genug. Im zweiten Folgeversuch (2 1 1 1 —) öffnete sie auch nur den ersten Kasten, hörte also nach 2 Ködern auf; im dritten Folgeversuch (1 — 1 1 — 1 1 —) hob sie 4 Deckel ab und begnügte sich demnach mit 3 Ködern. Die einmalige vorzeitige Verwarnung auf 3 Köder hat sie also veranlaßt, hinterher spontan auf 4, auf 2 und auf 3 zu handeln, d. h. von der durch das vorzeitige Scheuchen angemahnten 3 um $\pm$ 1, im Mittel um 0,0 abzuweichen. Nehmen wir die drei weiteren Versuchsreihen hinzu, die hier übergangen werden, so ist sie nie um mehr als $\pm$ 1 von der Anzahl des vorzeitigen Scheuchens abgewichen, und im Mittel aller Folgeversuche um — 0,15 Köder, d. h. sie richtete sich tatsächlich nach dieser Anzahl, und es brauchte 3—5 Folgeversuche, bis sie wieder zum Dressur-x zurückkehrte. — Die Dohle Blau scheuchte SCHIEMANN vorzeitig während der Doppeldressur auf 6 und 2 Schälchen = Köder in Einzelaufgaben auf 6. Sie wich in 8 Versuchen um — 1 bis + 2 von der „vorzeitigen Anzahl" ab, im Mittel um + 0,1; die längste Nachwirkung währte 2 Folgeversuche. Dohle Rot 2 endlich sollte gerade 7 Köder von der Platte nehmen, was ihr nicht gelang. Sie war daher nicht so eindeutig auf eine bestimmte Anzahl festgelegt wie die anderen beiden Tiere. In 50 kritischen Folgeversuchen unterschritt sie die vorzeitige Scheuchanzahl im Mittel um — 0,9 Köder bei einer Schwankungsbreite von — 2 bis + 3, und bei ihr war die Nachwirkung 2—28 Folgeversuche lang zu spüren, die 2—35 Minuten währten! Erst dann schwankte sie wie zuvor zwischen 5 und mehr als 7. Je scheuer Dohlen sind und je weniger sie sich bereits auf ein bestimmtes x festgefahren haben, so können wir zusammenfassen, desto länger scheinen sie den Eindruck einmaligen vorzeitigen Scheuchens zu behalten, und um so mehr neigen sie dazu, die nur einmal eingeprägte Anzahl des vorzeitigen Scheuchens zu unterbieten. Wenig scheue, ihrer Hauptdressur sichere Dohlen behalten den vorzeitigen einmaligen Schlag weit weniger lange, dafür aber seine Lage in der Reihe des inneren Vorsatzes um so genauer.

SCHIEMANN hat anschließend auch seinen 16 jährigen Bruder, der, durch gleichzeitiges Kopfrechnen am Mitzählen verhindert, zugerufene Zahlen mit einem Löffel auf den Tisch etwa bis zur uns bekannten Grenze (6) richtig nachklopfte, plötzlich einmal durch einen unvorhergesehenen elektrischen Schlag vorzeitig gescheucht, nämlich bei 4, als er 6 klopfen sollte. Hinterher klopfte er in scheuchfreien Folgeversuchen statt der geforderten 6 nacheinander 3, 2, 4 und 5, dann erst wieder richtig 6. Auf die nachträglich gestellte Frage, beim wievielten Klopfer er gescheucht worden sei, meinte er nach einigem Besinnen, es sei bei 3 gewesen.

So erstaunlich diese recht genaue Wiedergabe der Anzahl auch war, bei der die Dohlen vor-

zeitig gescheucht wurden, konnten wir uns doch nicht entschließen, allein darum die benannte Gliederreihe des inneren Vorsatzes anzunehmen, da doch auch bei den Dohlen sonst alles dagegensprach. Andererseits zwingt das Ergebnis zu einer Erweiterung der Annahme, die Reihenglieder seien einander völlig gleich. Die Lösung hat MAROLD versucht, indem er den an sich gleichnamigen Reihengliedern verschiedene *Valenz* und damit zwar nicht qualitative, wohl aber quantitative Unterschiede zusprach. Das erste Korn wird am gierigsten erstrebt, bei ihm hat es zudem noch nie geschlagen. Gegen Ende des Pickens aber schlug es immer häufiger, weiteres Zupicken wird immer gefährlicher, wie es ja auch das zunehmende Zögern und die Diebshaltung des Vogels äußerlich erkenntlich macht. Also mag über der hm-hm-Reihe des inneren Vorsatzes bei seinem Abhandeln ein *decrescendo fallender Lust-* bzw. ein *crescendo steigender Scheucherwartung* stehen. Sollte der Vogel jenen *Valenzgrad*, bei dem er vorzeitig gescheucht wurde, sich angenähert merken können, so wäre damit auch die Höchstleistung der Dohlen verständlich. Es bleibt damit ein für allemal bei den *unbenannten Anzahlen* aus qualitativ durchaus gleichen Gliedern, nur dürften sie in ihrer Lusttönung beim Abhandeln quantitativ abgestuft sein.

Übrigens macht diese Zusatzannahme für sich allein die Lage der Grenze bei 6 — etwa weil dort das Valenzgefälle zu flach würde — keineswegs verständlich. Im Gegenteil, bei Scheuchdressuren ist es gerade dort am steilsten, bei scheuchfreier Selbstdressur jedoch ist es vielleicht bzw. wahrscheinlich überhaupt nicht vorhanden. Die nie gescheuchte Taube Blauweiß hat sicher in ihren Tausenden von Versuchen niemals Angst gehabt und doch die Grenze bei 6 am allerschönsten gezeigt; auch wird niemand glauben, ein hungriger Körnerfresser werde durch 6 kleine Köder satt; man braucht einem scheuchgewohnten Vogel nur ein paar Überschreitungen hintereinander ungeahndet durchgehen zu lassen, um zu erleben, daß er mit größter Beschleunigung alles frißt, was daliegt; eine solche Szene ist im Taubenfilm I mitenthalten. Hier kann die Begrenzung auf ein höchstmögliches x, eben die 6, die wir ja immer wieder fanden, genau wie beim nichtmitzählenden Menschen nur daran liegen, daß er ohne Rhythmushilfe die Länge von Reihen aus gleichnamigen Gliedern eben nur bis zu 6 Gliedern zu übersehen vermag. Auch *kann es unmöglich ein Zufall sein, daß die Grenzen beider Grundvermögen*, des anschaulich räumlichen (Vergleich zweier Mengen) und des rein zeitlichen (Handeln auf x) *bei 3 Vogelarten und dem Menschen und so vielen verschiedenen Versuchsanordnungen immer wieder bei der 6 lagen.*

Für uns haben diese *beiden Grundvermögen nichts Sinnliches gemeinsam*, sondern *allein den abstrakten Begriff der Anzahl.* Den aber kann kein Tier haben; es ist ja kein sprechender Mensch. So wird vermutlich der Vogel in seinen beiden erlernten Leistungen auch nichts Vergleichbares erleben; er wird es sicher nicht bemerken, daß sie beide auf dasselbe hinführen, nämlich auf menschliches Zählen. Doch läßt sich untersuchen, ob unsere Vögel *beide Vermögen* wenigstens in einem Lernakt *miteinander verknüpfen* können. Wir stellten ihnen die Aufgabe, gesehene Punktzahlen in ebenso zahlreiche aufeinanderfolgende Handlungen zu übersetzen, mit anderen Worten, so viel Köder von der Platte zu nehmen, wie sie Punkte vor sich sahen, und zwar vorerst in Form der Doppelaufgabe, x bzw. y Punkte als Befehlsanweiser für x bzw. y erlaubte Köder zu benützen. Das mißlang bei Tauben vollkommen. Bei Sittichen gelang es nach unsäglicher Mühe, jedoch nur unter voller Figurenhilfe, so daß lediglich die Form der Punktanordnung, nicht ihre Anzahl erlernt zu sein braucht. Dohle Grün aber lernte in 1000 Versuchen, aus einem Kreis von vielen Mehlwürmern 4 zu nehmen, wenn in seiner Mitte 4 Tuschepunkte standen, nur 2 dagegen, wenn 2 Punkte es anwiesen. Anfangs lagen die Punkte beidemal formkonstant; aber auch bei allmählichem Übergang zu Knetmassepunkten von endlich völlig wechselnder Lage erhielt sich das Vermögen (Tabelle 6). Allerdings waren die Punkte immer gleich groß. Aufgabenverwechslungen (2 Köder bei 4 Punkten und umgekehrt) kamen im 10. Hundert 22, im 12. 11 mal vor. Das Ergebnis ist noch positiv zu werten, ermutigte jedoch nicht zum Weiterschreiten auf demselben Wege.

Tabelle 6. Dohle Grün. 10. Versuchshundert: Punktlagen konstant. 12. Hundert: Punktlagen wechselnd.

Aufgabenwechsel	10. Hundert		12. Hundert	
	+ %	n	+ %	n
4→4	75	20	60	35
4→2	53	38	71	31
2→4	42	34	52	27
2→2	100	2	100	1

Wir sind für heute am Ende. Die Vögel haben in diesen Versuchen mehr geleistet als bisher Säugetiere einschließlich der Menschenaffen. Vielleicht läßt sich noch mehr von Elstern, dem Eichelhäher, Kolkraben oder dem Graupapagei erwarten. Wieweit man mit Säugern käme, bei denen bekanntlich die Dressurschwierigkeiten mit dem Grad ihrer seelischen Vielseitigkeit steigen, ist nicht vorauszusagen.

Ich fürchte den Vorwurf nicht, auch dies sei nur ein Vogelzirkus gewesen, in dem man den Vögeln unbiologische Zumutungen stellte, wie nur menschlicher Verstand sie ersinnt, und den Beschauer verleitete, diese baren Dressurleistungen für Intelligenzakte des Vogels zu halten. Im Gegensatz zu jenen Unbelehrbaren, die nicht bemerken wollen, daß sie selber zählen, während ihr Hunde nur klopfen und bellen, behaupten wir ja eben *nicht*, die Vögel zählten. Wohl aber haben die Vögel durch den Erfolg ihrer Dressuren auf Auf-

gaben, die sie selbst allerdings nie ersonnen hätten, *bewiesen, daß sie zwei Grundvermögen haben, die im menschlichen Zählen darinstecken und nebst anderen Grundvermögen*, nach denen man bei Tieren ebenfalls noch suchen könnte, *zum menschlichen Zählen geführt haben*. An diesem fehlt dem Vogel gerade das letztentscheidende Glied, die eindeutig *benannte* aufsteigende Zahlenreihe. *Unbenannte Anzahlen dagegen kann er sicher lernen* und manchmal dazu noch vermutlich *ihre an sich gleichen Glieder valenzmäßig quantitieren*. Von der *Übertragbarkeit*, dem Unabhängigmachen von der Art der Objekte und der Versuchsanordnung überhaupt, sahen wir erste, aber verheißungsvolle Spuren.

So kindisch es wäre, die schier unendlich große Spanne zu übersehen, die die tierischen Anfänge vom menschlichen Zählen, Rechnen und all seinen Anwendungen im praktischen Handeln wie in der Forschung trennen, so verkehrt wäre es, die grundlegende Bedeutung des hier nachgewiesenen gemeinsamen Besitzes jener Anfänge verkleinern zu wollen. Je mehr und je kritischer man mit Tieren umgeht, um so erschütternder wird man gewahr, wie unsäglich viel Tierisches im Menschen steckt, und zwar gerade auch im Verhalten. Im Instinktleben und seiner arterhaltenden Sicherheit sind uns die Tiere so meilenweit überlegen wie wir ihnen durch unsere Wortsprache als Grundvoraussetzung jeder geistigen Leistung. Aber durch die Sinne und angeborenen Schemata hindurch steckt auch im Menschengeist viel mehr tierisch vorsprachlicher Grundbesitz, als wir es heute erst zu ahnen beginnen. Jedes Tier kann viel mehr, als es bei seiner gegenwärtigen Lebensweise im Wildzustande braucht und nützt. Der übliche Schluß vom Bedarf auf den Besitz und umgekehrt ist heuristisch grundverkehrt; wir kennen keinen einzigen gesicherten Fall direkter Anpassung in der Stammesgeschichte, wohl aber Voranpassung (Präadaptation) die Fülle, d. h. Brachliegen ungenützter Organisation, bereit zu vielleicht künftiger Verwendung. Daher ist es auch nicht „unbiologisch", zu fragen, ob ein Vogel Vorstufen des Zählens besitzt, zu einer Zeit, da man von einer natürlichen Verwendung solcher Vermögen in freier Wildbahn außer unbewiesenen Anekdoten nichts weiß.

Indem wir Tiere kritisch untersuchen, unvoreingenommen nach naturwissenschaftlicher Methode verschwenderisch analysierend, so sparsam wie nur möglich im synthetischen Urteil, erkennen wir nicht nur sie, sondern auch unsere eigene Stammesgeschichte, Stufen unserer seelischen Menschwerdung und die vorsprachlichen Urgründe, aus denen auch heute noch beim erwachsenen Kulturmenschen die natürliche Wahrheit unserer Urteile erwächst.

Schriftenverzeichnis. W. FISCHEL, Haben Vögel ein „Zahlengedächtnis"? Z. Physiol. **4**, 345—369 (1926). — O. KOEHLER, O. MÜLLER, R. WACHHOLTZ, Kann die Taube Anzahlen erfassen? Verh. dtsch. Zool. Ges. **1935**, 39—54. — O. KOEHLER u. R. WACHHOLTZ, Weitere Versuche an der Taube „Nichtweiß" zur Frage des „Zähl"-Vermögens. Verh. dtsch. Zool. Ges. **1936**, 221—236. — O. KOEHLER, Kann die Taube „zählen" lernen? Forsch. u. Fortschr. **1935**, 402/3 — Können Tiere zählen? Berl. tierärztl. Wschr. **1937**, 514/5 u. 797—800. — Können Tauben „zählen"? Z. Tierpsychol. **1**, 39—48 (1937). — Die „zählenden" Tauben und die „zahlsprechenden" Hunde. Biologe **6**, 13—24 (1937). — Können Tauben zählen? Die Koralle, 5. Febr. 1939, S. 143/3 (mit Taubenbildern). — Tauben, Wellensittiche und Dohlen erlernen unbenannte Anzahlen. Forsch. u. Fortschr. **1941**. — Können Tauben zählen? Veröffentlichungen der Reichsstelle für den Unterrichtsfilm zu dem Hochschulfilm C 281, 16 SS. (1939). — Vom Erlernen unbenannter Anzahlen bei Tauben, Reichsanstalt für Film und Bild, Archivfilm B 440/1940. — Wellensittiche erlernen unbenannte Anzahlen. Reichsanstalt für Film und Bild, Archivfilm B 442/1940. — Dohlen erlernen unbenannte Anzahlen. Reichsanstalt für Film und Bild, Archivfilm B 467/1940. — W. ARNDT, Abschließende Versuche zur Frage des „Zähl"vermögens der Haustaube. Z. Tierpsychol. **3**, 88—142 (1939). — E. MAROLD, Versuche an Wellensittichen zur Frage des „Zähl"vermögens. Z. Tierpsychol. **3**, 170—223 (1939). — K. SCHIEMANN, Vom Erlernen unbenannter Anzahlen bei Dohlen. Z. Tierpsychol. **3**, 292—347 (1939).

Außenwelt und Wahrscheinlichkeit.

Von FELIX STUMPF, Berlin.

Wenn der Positivismus davon ausgeht, daß dem Einzelnen mit Sicherheit seine Sinneserscheinungen gegeben sind, so ist dies anzuerkennen, falls man noch die inneren Erlebnisse hinzunimmt. Es wäre jedoch eine unnötige Einschränkung, wenn man leugnen wollte, daß wir nicht noch mehr mit Sicherheit aussagen könnten, nämlich alles, was auf indirektem Wege erkannt wird. Der Gedanke BERKELEYS und seiner Nachfolger, daß wegen der Beschränkung unserer Gewißheit auf das sinnlich unmittelbar Gegebene die Existenz der Außenwelt fraglich und unbeweisbar sei und geleugnet werden müsse, wird wohl in voller Schärfe heute kaum noch vertreten, wirkt jedoch in der Ansicht nach, daß Nichtbeobachtbares aus der Wissenschaft ausscheiden sollte.

Aber auch das andere Extrem, wie es in dieser Z. **1940**, 705ff. von ALOYS MÜLLER vertreten wurde, dürfte zu einseitig sein, wenn er einfach sagt, „wir haben die Dinge", d. h. die Außenwelt. Die Undeutlichkeit des Begriffs Ding in diesem Zusammenhang hat M. PLANCK (diese Z. **1940**, 778) hervorgehoben. Auch das „haben" bedarf der psychologischen Erläuterung. Der Erwachsene mag wohl ein solches Gefühl sicheren Besitzes haben, der Säugling greift nach dem Mond, und ein kleiner Knabe probierte alle Lichtschalter des Hauses durch, um denjenigen zu finden, mit dem

man den Mond anknipsen könne. Wir haben also die Dinge nicht von vornherein, sondern erlernen dies erst und vergessen nachher, daß wir lernen mußten. Ein sicherer Ausgangspunkt für das System der Erkenntnis dürfte dies nicht sein.

Will man davon absehen, die Außenwelt als unbeweisbare Annahme zu postulieren, so bietet sich der Weg, sie indirekt zu beweisen, wie so vieles von dem, was wir wissen, bewiesen wird. Diesen Weg über den induktiven Schluß hat C. STUMPF[1]) in dem nachgelassenen Werk „Erkenntnislehre" beschritten. Er läßt sich etwa folgendermaßen schildern:

Primär gegeben sind jedem Einzelnen nicht nur die Sinneswahrnehmungen, sondern vor allem die eigenen psychischen Funktionen, also Denken, Fühlen, Wollen, und die Ergebnisse derselben, die psychischen Gebilde. Zu den apriorischen Erzeugnissen des Denkens gehören die logischen (formalen) Axiome, auch die den Schlüssen zugrunde liegenden Regeln (Folgerungsaxiome) u. dgl. Aus der Wahrnehmung (innerer und äußerer) entnimmt man die Begriffe, durch deren Verbindung Urteile, Erkenntnisse gebildet werden. Diese leuchten entweder von selbst ein, oder ihre Bejahung oder Verneinung (Copula) bedarf der Prüfung an Erfahrungstatsachen. Die Frage ist nun, wie man aus unmittelbar gegebenen mathematischen und logischen Gesetzen zu Naturgesetzen, die den Charakter der Notwendigkeit tragen, gelangen kann. „Wir würden kein Interesse an apriorischen Wissenschaften haben, wenn es keine Erfahrungserkenntnis gäbe, zu deren Aufbau sie dienen. . . . Durch Erfahrung werden sowohl Tatsachen wie auf ihnen ruhende Gesetze erkannt, wie, sagt die *Induktion*, das schwierigste und bedeutungsvollste Problem der Erkenntnislehre" (S. 125 und 126). Induktion ist nicht ein Schluß vom Speziellen auf das Allgemeine, sondern von Tatsachen auf *Gesetze* oder auf neue *Tatsachen*.

Zur Lösung dieses Problems benützt C. STUMPF die mathematische Wahrscheinlichkeit, eine in demselben Sinne apriorische Wissenschaft, wie es alle anderen Teile der reinen Mathematik auch sind. Die vorhergehenden Schritte in dieser Richtung von CONDORCET, POISSON, BRENTANO und SIGWART werden geschildert. Es handelt sich dabei um die Benützung des BAYESschen Satzes über die Bewertung von Hypothesen, d. h. die Prüfung der Wahrscheinlichkeit einer Hypothese an den beobachtbaren Tatsachen. Der Schluß lautet dabei: m Tatsachen stimmen in der betrachteten Beziehung überein. Die zufällige Übereinstimmung hat die Wahrscheinlichkeit p. Also hat die Wahrscheinlichkeit für das Bestehen eines Gesetzes überhaupt oder einer den Tatsachen gemeinsamen Ursache (neuen Tatsache) den Wert $1 - p$. Die speziellen physikalischen Gesetze lassen sich in analoger Weise aus den Tatsachen erschließen.

[1]) CARL STUMPF, Erkenntnislehre. Leipzig 1939 u. 1940.

In derselben Form behandelt nun C. STUMPF das Problem der *Außenwelt*. Auch hier wird vom reinen Denken primär die Hypothese einer Außenwelt aufgestellt und durch Vergleich mit den Beobachtungen als wahrscheinlich erwiesen. Da alle Voraussagungen sich bewähren, soweit es an der Hypothese einer Außenwelt und nicht etwa an falschen anderen, tatsächlichen Voraussetzungen liegt, ergibt sich die Wahrscheinlichkeit so gut wie gleich 1. Eine Tatsache, die gegen die Hypothese spricht, ist nicht aufzuweisen, und hinzu kommt, daß eine vernünftige andere Hypothese außer der des reinen Zufalls nicht aufzustellen ist. Die Außenwelt ist hiernach nicht mehr Gegenstand einer unbewiesenen Annahme, sondern einer höchst gesicherten Hypothese.

Die Ausgestaltung der Hypothese im einzelnen richtet sich nach dem derzeitigen Stand der Kenntnisse und entspricht wohl dem, was PLANCK das Weltbild nennt.

Auch das *Kausalgesetz* wird als wahrscheinliche Hypothese behandelt. Auch hierfür gibt es zahllose bestätigende und keine widersprechenden Tatsachen. Die aus der Quantenphysik hergeleiteten Einwände sind wohl nicht beweiskräftig, da ihre Ableitung fortgesetzt kausaler Prämissen bedarf und ein Experiment die Akausalität noch nicht bewiesen hat.

Die Außenwelt ist also eine hypothetische, induktiv gesicherte Tatsache, die Kausalität ein solches hypothetisches Gesetz.

Ich füge dem noch folgende Bemerkung hinzu: Es könnte auffallen, daß bei der Begründung der Außenwelt von Tatsachen die Rede ist, die in der Naturwissenschaft meist empirischer Natur sind. Es bedürfte daher vielleicht noch einer psychologischen Untersuchung, welche Tatsachen des unmittelbar gegebenen Bewußtseins und der ebensolchen Sinneswahrnehmungen genügen, um die Hypothese der Außenwelt zu stützen, doch scheint mir, daß ein jeder genug solcher Erfahrungen gemacht hat. Was die Ausgestaltung des Weltbildes im einzelnen betrifft, so hat diese natürlich nicht diesen hohen Grad der Sicherung wie die Hypothese, daß überhaupt eine Außenwelt existiert. Aus einer Mehrheit von Wahrnehmungen sucht man konstante Elemente heraus, sozusagen „Invarianten", und macht die Hypothese, daß diese entweder durch ein Gesetz bedingt sind oder eine den Wahrnehmungen gemeinsame Ursache haben, die man die „Dinge" nennt. Deren Sicherung ist ganz verschieden groß, ich erinnere an die Hypothese des Elektrons, das erst dann als gesichertes Ding galt, als es außer aus der Dispersion auch noch aus den Kathodenstrahlen folgte. Nachdem die Korpuskeln anerkannt sind, begnügt man sich jetzt wohl schon mit einem einzigen Nebelstreif als Begründung für eine neue Korpuskel. Jedoch, mit der Zahl der Übereinstimmungen wächst die Sicherheit im Sinne des BAYESschen Satzes.

Ich möchte dieser Bemerkung noch eine solche anfügen über die Abhandlung von ALOYS WENZL,

welche die Frage der Kausalität bei Wahrscheinlichkeitsrechnung betrifft (diese Z. **1940**, 715). Über diese Frage äußert sich C. STUMPF auf Seite 440 der „Erkenntnislehre" dahin, daß die Wahrscheinlichkeit ebenso wie die anderen rein mathematischen Disziplinen weder die Kausalität noch den Indeterminismus voraussetzt.

Ich glaube den Gedankengang folgendermaßen zusammenfassen zu dürfen:

1. Wir wissen bestimmt, daß durch das Problem N Fälle fest bestimmt sind, wie sie beschaffen sind und daß einer zutrifft.

2. Wir wissen nichts darüber, ignorieren, welcher der N Fälle und *warum* gerade er zutrifft (völliges Nichtwissen).

3. Wir definieren: Einer der Fälle hat die $W = 1/N$.

Aus der Fassung des Satzes 2 ersieht man, daß es in der Tat für die Definition des Begriffes der Wahrscheinlichkeit gleichgültig ist, ob die Auswahl des Falles eine Ursache oder keine solche hat. Diese Frage wird, was auch A. WENZL betont, erst bedeutungsvoll bei der Anwendung auf die Wirklichkeit, d. h. bei dem BERNOULLISCHEN Satz.

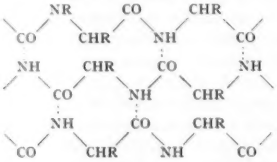
Zugleich möchte ich bei dieser Gelegenheit gegen die auch von Herrn WENZL wiedergegebene Behauptung Verwahrung einlegen, wonach C. STUMPF in seiner früheren Abhandlung (Sitzungsber. bayer. Akad. Wiss., Math.-physik. Kl. **1893**) die Wahrscheinlichkeit auf „völliges Nichtwissen" begründet habe. Diese Behauptung geht vielleicht auf v. KRIES (diese Z. **1919**, 4) zurück und wird gelegentlich wiederholt. Sie gilt nicht für den obigen, das Wahrscheinlichkeitsproblem umreißenden Satz 1, und dies steht im Einklang mit S. 41, 49 und 50 der Abhandlung. Daß aber nach Satz 2 Unkenntnis herrschen muß, scheint mir ganz notwendig zu sein, denn sonst bestünde nicht Wahrscheinlichkeit, sondern Gewißheit. Die sog. subjektive Definition ist nicht gleichbedeutend mit einer aus „absolutem" Nichtwissen, sie behauptet vielmehr, daß der Erkenntniswert einer Wahrscheinlichkeit etwa proportional dem Wissen ist, welches den Inhalt des obigen Satzes 1 bildet. Damit erledigen sich auch von selbst die Paradoxa, die durch v. KRIES, BERTRAND u. a. aufgestellt wurden und darauf beruhen, daß man den Stand des Wissens betreffend den Inhalt des Satzes 1 versteckt ändert.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über die zwischen linearen Kettenmolekülen mit Peptidbindungen wirkenden intermolekularen Kräfte.

Schon 1933 ist von ASTBURY[1]) — jedoch offensichtlich nur vorübergehend — eine Hypothese aufgestellt worden, wonach bei Eiweißkörpern Nebenvalenzkräfte zwischen NH- und CO-Gruppen benachbarter Moleküle gemäß folgendem Schema vorhanden seien:



Nach dem Versagen der Cyclotheorie wird in neuester Zeit von HUGGINS[2]) diese Hypothese wieder aufgegriffen und zur Erklärung der Struktur globularer Eiweißkörper herangezogen. Dabei spezialisiert HUGGINS die Vorstellungen über die Kräfte zwischen NH- und CO-Gruppen, indem er eine Wasserstoffbindung annimmt. Alle diese Ansichten sind bisher rein hypothetischer Natur, da sich exakte Beweise wegen der Kompliziertheit der Struktur der nativen Eiweißkörper bisher nicht erbringen ließen.

Man kann nun aber bei synthetisch hergestellten, hochmolekularen, eiweißähnlichen Substanzen die Existenz zwischenmolekularer Bindungen auf röntgenographischem Wege recht exakt beweisen.

Untersucht man nämlich Polyamide, die durch Kondensation von endständigen Diaminen mit endständigen Dicarbonsäuren gewonnen werden, so findet man Identitätsperioden, die das Vorliegen gestreckter, ebener Zickzackketten, wie bei den Paraffinen, anzeigen. Dehnt man die Untersuchung jedoch auf solche Polyamide aus, die im Diamin und in der Dicarbonsäure die gleiche Anzahl von Methylengruppen besitzen, so findet man eine Halbierung der theoretisch zu erwartenden Identitätsperiode. Diese Tatsache läßt sich nur dadurch erklären, daß bei benachbarten Molekülen jeweils NH- und CO-Gruppen einander gegenüberliegen. Hierfür lassen sich noch eine ganze Anzahl weiterer Beweise erbringen, auf die jedoch erst in späteren Veröffentlichungen eingegangen werden soll. Ein Polyamid aus Hexamethylendiamin und Korksäure besitzt also die Struktur der Fig. 1. Es ist anzunehmen, daß dabei der Sauerstoff der CO-Gruppe durch eine Art chemischer Bindung zum NH hinüber derart verzerrt wird, daß die Elektronenschwerpunkte der Sauerstoffatome in Richtung längs der Molekülachse etwa übereinander liegen[3]). Die Bindung selbst wird man als Wasserstoffbindung zu bezeichnen und als Mesomerie folgendermaßen zu formulieren haben:

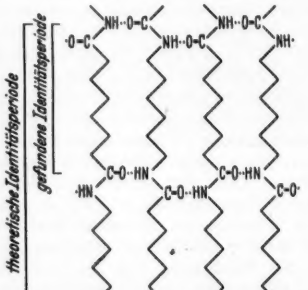
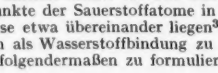


Fig. 1. Polyamid aus Hexamethylendiamin und Hexamethylendicarbonsäure (Korksäure). — An den nicht beschrifteten Ecken der Zickzackketten stehen CH_2-Gruppen.



Die weitere Auswertung der Röntgenogramme — insbesondere höher orientierter Präparate — ergibt einen Molekülabstand in der die Zickzackketten enthaltenden Ebene von 4,8—5,0 Å. Dieser Abstand stimmt gut überein mit dem Wert 4,9 Å, den man unter Zugrundelegung des Abstandes CO—NH von 2,85 Å berechnet, wie er zwischen Molekülen, die durch Wasserstoffbindung aneinander gebunden sind, gefunden wurde (Diketopiperazin)[4]).

Wir möchten im Anschluß an diesen Befund der Ansicht Ausdruck geben, daß intermolekulare Wasserstoffbindungen in der Eiweißchemie eine große Rolle spielen, etwa in dem von PAULING und NIEMANN[5]) ausgesprochenen Sinne, wonach die spezifische Konfiguration der Eiweißmoleküle, die eben ihre besonderen Eigenschaften bedingt, zum Teil durch Bindungen stabilisiert wird, die nur schwach sind und die daher schon durch geringfügige Eingriffe beeinflußt werden können. Wasserstoffbindungen der geschilderten Art besitzen solche Eigenschaften. Auch die Fixierung der Myosinmoleküle des Muskels in gedehntem Zustande und ihre Kontraktion dürfte mit Bildung und Lösung intermolekularer Wasserstoffbindungen zusammenhängen, deren Steuerung vielleicht durch p_H-Änderungen erfolgt.

Ebenso lassen sich auch die elastischen Eigenschaften des Haares auf derartige Bindungen zurückführen, worauf in einer späteren Mitteilung noch näher eingegangen werden soll.

Oppau, Forschungslaboratorium der I. G. Farbenindustrie A.G., den 7. März 1941. R. BRILL.

[1]) Trans. Far. Soc. **29**, 193 (1933) — Kolloid-Z. **69**, 340 (1934).
[2]) J. chem. Phys. **8**, 598—600 (1940).
[3]) Eine Deformation von O-Atomen bei der Wasserstoffbindung wurde von R. BRILL, C. HERMANN u. CL. PETERS, Naturwiss. **27**, 677 (1939), beobachtet.
[4]) Vgl. z. B. Chem. Rev. **26**, 227 (1940).
[5]) J. amer. chem. Soc. **61**, 1860 (1939).

Über den Mechanismus der Verfestigung des Naturseidenfadens beim Spinnen.

Wie Verfasser zeigen konnte[1]), findet beim Eintrocknen sowie beim Verspinnen des amorphen Inhaltes der Drüsen der Seidenraupe eine röntgenographisch nachweisbare Kristallisation statt. Nach FOÀ[2]) wird der Drüseninhalt auch durch mechanische Behandlung fest, so daß beim Spinnvorgang selbst, bei dem ja die Raupe einen Zug auf den Faden bzw. den frisch austretenden Drüseninhalt ausübt, durch die mechanische Beanspruchung — die zum Teil auch schon beim Durchdrücken durch die engen Spinndrüsenöffnungen erfolgt — eine Verfestigung erzielt wird. K. H. MEYER[3]) führt diese Verfestigung auf die Aufhebung einer Übersättigung der den Drüseninhalt darstellenden Lösung durch mechanische Orientierung der Moleküle zurück. Die in der vorstehenden Mitteilung gefundenen intermolekularen Wasserstoffbindungen bei hochmolekularen Substanzen mit Peptidbindungen legen die Annahme nahe, daß bei der beim Spinnvorgang erfolgenden mechanischen Orientierung ein Abgleiten der Moleküle aneinander stattfindet, bis eine große Zahl NH- und CO-Gruppen benachbarter Moleküle einander gegenüberstehen und nun infolge der dabei sich bildenden Wasserstoffbindungen ein aneinander Festfrieren, ein Auskristallisieren der Moleküle erfolgt, das zweifellos durch das gleichzeitige Verdampfen von Wasser noch begünstigt wird. Bei diesem Vorgang kann sich eine große Zahl von Wasserstoffbrücken ausbilden, weil ja der kristalline Anteil des Seidenfibroins im wesentlichen nur aus Alanin und Glykokoll aufgebaut ist[4]).

Die neben dem kristallinen Anteil noch vorhandene amorphe Substanz im Seidenfibroin scheint die Aufgabe zu haben, die Bildung dieser Brückenbindungen in der Drüse zu behindern. Im gleichen Sinne dürfte die in der Drüse vorhandene Feuchtigkeit wirken.

In ähnlicher Weise kann man auch die Denaturierung löslicher Eiweißkörper durch mechanische Einwirkung[5]) erklären.

Forschungslaboratorium Oppau der I.G. Farbenindustrie A.G., den 18. März 1941. R. BRILL.

[1]) R. BRILL, Naturwiss. **18**, 622 (1930).
[2]) C. FOÀ, Kolloid-Z. **10**, 7 (1912). Die Befunde FOÀs wurden später von RAMSDEN [Nature (Lond.) **142**, 1120 (1938) sowie von K. H. MEYER u. J. JEANNERAT, Helvet. chim. Acta **22** (1939)] reproduziert.
[3]) K. H. MEYER, Die hochpolymeren Verbindungen. Akad. Verl.-Ges. 1940, S. 424.
[4]) R. BRILL, Liebigs Ann. **434**, 204 (1923). — ST. GOLDSCHMIDT u. K. STRAUSZ, Liebigs Ann. **480**, 263 (1930).
[5]) W. RAMSDEN, Arch. Anat. Physiol., Abt. Physiol. **1894**, 317.

Über das Viskositätsgesetz für Fadenmoleküle[1]).

Für niederviskose Lösungen (Sollösungen) von Stoffen mit Fadenmolekülen gilt folgende Beziehung zwischen der Viskositätszahl[2]) η_{sp}/c (η_{sp} = spez. Viskosität, c = Konzentration in Gramm pro Liter) und dem Polymerisationsgrad P.

$$\eta_{sp}/c = K_m \cdot P.$$

Die K_m-Konstante der Cellulosetriacetate beträgt nach früheren Untersuchungen[3]) in m-Kresol $6{,}3 \cdot 10^{-4}$, in Chloroform $5{,}3 \cdot 10^{-4}$. Die Gültigkeit dieses Viskositätsgesetzes ist in der Literatur vielfach besprochen worden. Zur Nachprüfung haben wir an einer polymerhomologen Reihe von hemikolloiden Cellulosetriacetaten das Molekulargewicht nach der osmotischen Methode, unter Verwendung der Apparatur von G. V. SCHULZ[4]), und nach der Endgruppenmethode [Bestimmung des Aldehydgehalts durch Titration mit unterjodiger Säure nach BERGMANN-MACHEMER[5])] unter zweckentsprechender Abänderung dieser Methode, bestimmt und gleichzeitig aus den Viskositätsmessungen den Durchschnittspolymerisationsgrad und das Durchschnittsmolekulargewicht ermittelt mit dem in folgender Tabelle zusammengestellten Resultat.

Vergleich der Molekulargewichte nach der osmotischen, Endgruppen- und viskosimetrischen Methode.

Osmotische Methode		Endgruppenmethode		Viskosimetrische Methode			
				m-Kresol $K_m = 6{,}3 \cdot 10^{-4}$		Chloroform $K_m = 5{,}3 \cdot 10^{-4}$	
$\bar{M}$	$\bar{P}$ $\left(P = \frac{M}{288}\right)$	$\bar{M}$	$\bar{P}$ $\left(P = \frac{M}{288}\right)$	$\frac{\eta_{sp}}{c} 10^3$	$\bar{P}$	$\frac{\eta_{sp}}{c} 10^3$	$\bar{P}$
15800	55	15100	52	3,38	54	2,92	55
11700	41	11000	38	2,39	38	1,90	36
8200	28	9000	31	1,77	28	1,51	28
7900	27	7900	27	1,64	26	1,44	27
5700	20	5800	20	1,21	19	1,08	20

Durch diese Versuche ist zum erstenmal bewiesen, daß die nach der osmotischen Methode bestimmten Molekulargewichte mit den nach der chemischen erhaltenen übereinstimmen. Beide Molekulargewichte bzw. die daraus berechneten Durchschnittspolymerisationsgrade sind innerhalb der Fehlergrenzen identisch mit den viskosimetrischen. Aus diesen Ergebnissen folgt, daß das Viskositätsgesetz für diese Gruppe von Verbindungen mit Fadenmolekülen gilt.

Freiburg i. Br., Forschungsabteilung für makromolekulare Chemie des Chemischen Laboratoriums der Universität, den 15. März 1941. H. STAUDINGER. K. EDER.

[1]) Zugleich 269. Mitteilung „Über makromolekulare Verbindungen". Die ausführliche Arbeit erscheint später im Journal für praktische Chemie.
[2]) H. STAUDINGER, Organische Kolloidchemie. Verlag Vieweg 1940.
[3]) H. STAUDINGER u. G. DAUMILLER, Liebigs Ann. Chem. **529**, 219 (1937).
[4]) G. V. SCHULZ, Z. physik. Chem. A **176**, 317 (1936).
[5]) M. BERGMANN u. H. MACHEMER, Ber. dtsch. chem. Ges. **63**, 316 (1930).

Die Methode der acidimetrischen Ausfällung.

Die Reindarstellung und die Erkennung der formelmäßigen Zusammensetzung vieler Salze schwacher Säuren ist dadurch erschwert, daß bei ihrer Ausfällung aus wässeriger Lösung leicht andere Stoffe mitgerissen werden, und eine genügend genaue quantitative Analyse, die zur Sicher-

stellung einer bestimmten Formel dienen kann, nicht leicht auszuführen ist. Diese Schwierigkeiten konnten mit Hilfe einer Methode der acidimetrischen Ausfällung behoben werden, deren Prinzip und deren Anwendung zur Untersuchung der formelmäßigen Zusammensetzung der tertiären Phosphate einiger zwei- und dreiwertiger Metalle im folgenden beschrieben ist.

I. Prinzip der Methode.

Wird zu der neutral reagierenden Lösung eines Salzes MeX einer starken Base und einer starken Säure eine schwache Säure HY hinzugefügt, deren Anion Y′ mit dem Kation Me· des Salzes eine schwer lösliche Verbindung MeY bildet, so findet folgende Reaktion statt:

$$MeX + HY \rightleftharpoons MeY + HX. \quad (1)$$

Das Entstehen von starker Säure HX bei dieser Reaktion führt zu einem Gleichgewicht, dessen Lage von der Dissoziation von HX und HY und der Schwerlöslichkeit von MeY abhängig ist. Eine Verschiebung des Gleichgewichtes von links nach rechts ist möglich, wenn die freiwerdende starke Säure in dem Maße, wie sie entsteht, neutralisiert wird. Experimentell kann dies dadurch geschehen, daß zu der neutral reagierenden Lösung von MeX die schwache Säure HY zugetropft, und gleichzeitig durch Zugabe von Natronlauge die Reaktion der Lösung z. B. gegen einen Indikator ständig neutral gehalten wird:

$$MeX + HY + NaOH \rightleftharpoons MeY + NaX + H_2O. \quad (2)$$

Aus dem Mengenverhältnis Natronlauge/schwache Säure, das z. B. an Büretten abgelesen werden kann, läßt sich die Bruttozusammensetzung des ausgefallenen Niederschlages direkt ersehen. Bei Entstehen von Niederschlägen bekannter Zusammensetzung ist auf diese Weise eine Titration der schwachen Säure mit scharfem Indikatorumschlag möglich.

II. Anwendung der Methode zur Untersuchung der formelmäßigen Zusammensetzung der tertiären Phosphate einiger Metalle.

Es ist bisher (außer bei Calcium) nicht bekannt, ob die tertiären Phosphate der zwei- und dreiwertigen Metalle die einfachsten möglichen Formeln des Triphosphates $\overset{II}{Me_3}(PO_4)_2$ bzw. des neutralen Phosphates $\overset{III}{Me}PO_4$ oder basischer Zusammensetzung, z. B. des Hydroxylapatis

$$3\,\overset{II}{Me_3}(PO_4)_2 \cdot \overset{II}{Me}(OH)_2$$

besitzen. Zur Untersuchung ihrer formelmäßigen Zusammensetzung wurden Monokaliumphosphat und Metallsalzlösung aus je einer Bürette in siedendes Wasser tropfen gelassen, dessen Reaktion durch Zufügen von Natronlauge aus einer dritten Bürette ständig neutral gehalten wurde. Bei Ausfällung eines Triphosphates bzw. eines neutralen Phosphates muß, wie aus folgenden Gleichungen hervorgeht, $^1/_7$ weniger Natronlauge verbraucht werden als zur Entstehung eines Hydroxylapatits:

$$10\,MeX_2 + 6\,KH_2PO_4 + 14\,NaOH = 3\,Me_3(PO_4)_2Me(OH)_2 + 6\,KX + 14\,NaX + 12\,H_2O, \quad (3)$$

$$9\,MeX_2 + 6\,KH_2PO_4 + 12\,NaOH = 3\,Me_3(PO_4)_2 + 6\,KX + 12\,NaX + 12\,H_2O. \quad (4)$$

$$6\,MeX_3 + 6\,KH_2PO_4 + 12\,NaOH = 6\,MePO_4 + 6\,KX + 12\,NaX + 12\,H_2O. \quad (5)$$

Es wurde gefunden[1]), daß die Triphosphate von Mg, Ba, $\overset{II}{Cd}$, Fe, Mn, Cu, Co, Ni, die neutralen Phosphate von Al, La, Ce, Bi und die Hydroxylapatite von Ca, Sr, Zn, Pb gebildet wurden.

Weiterhin wurde mit Hilfe der acidimetrischen Ausfällung die Existenzfähigkeit der Apatite bei Gegenwart von Wasser untersucht[2]) und nachgewiesen, daß bei neutraler Reaktion und niedriger Temperatur leichter lösliche sekundäre Phosphate anstatt der schwerlöslichen tertiären Phosphate entstehen[3]).

Berlin, Institut für Pflanzenernährungslehre und Bodenbiologie der Universität, den 19. März 1941.

WERNER RATHJE.

[1]) W. RATHJE, Ber. dtsch. chem. Ges. 74, 342, 357 (1941).
[2]) F. GIESECKE u. W. RATHJE, Ber. dtsch. chem. Ges. 74, 349 (1941).
[3]) W. RATHJE, Ber. dtsch. chem. Ges. 74, im Druck (1941).

Versuche zur Markierung von Tabakmosaikvirus mit Radiophosphor.

Für die Bearbeitung einiger biologischer und chemischer Fragen der Virusforschung schien es interessant, die Indikatormethode mit künstlich-radioaktiven Isotopen an einem chemisch rein darstellbaren Virus anzuwenden. Es werden hier kurz die ersten Ergebnisse über den Einbau von Radiophosphor in Tabakmosaikvirus mitgeteilt.

Phosphor wurde gewählt, einmal weil er ein wesentlicher Bestandteil der Virusmoleküle und im TM-Virus in ausreichender Menge vorhanden ist (rd. 0,5 %), zum anderen weil sein radioaktives Isotop leicht in genügenden Mengen zu gewinnen ist (mittels Neutronenbestrahlung von Schwefel) und eine für die in Frage kommenden Versuche bequeme, nicht zu kurze Halbwertszeit hat (rd. 15 Tage). TM-Virus wurde genommen, da es die bestuntersuchte Virusart mit einer Reihe von chemisch-präparativen und biologischen Vorteilen ist.

In der ersten Versuchsreihe wurde geprüft, ob nennenswerter Austausch des Phosphors zwischen Virus und anorganischem Phosphat besteht. Sollte das der Fall sein, so könnte man auf diesem Wege eine Synthese von radioaktivem Virusprotein durchführen. Andererseits würde die Markierung des Virus mit Radiophosphor wesentlich an Interesse einbüßen, da auch der reziproke Austausch des Phosphors aus dem markierten Virus stattfinden müßte. Die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe sind in Tabelle 1 angeführt. Reines Virusprotein wurde 3—11 Tage in radiophosphorhaltiger Natriumphosphatlösung gehalten, dann durch Dialyse (evtl. mit vorangehender Ultrazentrifugierung) wieder abgetrennt und mittels eines Zählrohres auf Aktivität untersucht. Die Versuche zeigten, daß im Virus nach solcher Behandlung eine geringe Aktivität vorhanden ist. Es ist aber nicht sicher, ob dieselbe auf Austausch oder auf Adsorption von radiophosphorhaltigem Phosphat am Virus beruht; auf die zweite Möglichkeit deutet die Tatsache hin, daß die Aktivität am höchsten in Versuchen mit den schlechtesten Trennungsbedingungen war (Versuche 3 und 4, in denen nur 2 Tage dialysiert wurde). Diese Frage kann durch reziproke Austauschversuche mit radioaktivem Virus geklärt werden; auf keinen Fall ist der Austausch von nennenswertem Umfang (höchstens 0,3 % des Virusphosphors).

Das Ergebnis dieser ersten Versuchsreihe veranlaßte uns, den Einbau von Radiophosphor in das Virusprotein zunächst auf biologischem Wege zu versuchen. Ein weiterer Versuch wurde deshalb der Aktivierung von Tabak-Wirtspflanzen gewidmet. Etwa 6 Wochen alte Tabakpflanzen (*Nicotiana tabacum „Samsun Bashi Bagli“*) wurden auf einer radio-

Tabelle 1. Versuche zur Synthese von radioaktivem Virusprotein durch Austausch mit anorganischem Phosphat. Lösungen von reinem Virusprotein wurden mit radiophosphorhaltigen Natriumphosphatlösungen behandelt und in angegebener Weise abgetrennt. Aktivität je Versuch 10000 T/min.

Vers. Nr.	Austauschbedingungen: Dauer	Temperatur	p_H	Trennungsbedingungen	Anorg. P mg	Virus-P mg	Aktivität des Virus in T/min	Spezifische Aktivität des Virus in T/(min u. mg P)	Austausch in Proz. des Virusphosphors
1	3 d	0°	6,0	4 d Dialyse	0,2	1	20,7	20,7	0,25
2	3 d	0°	8,2	4 d Dialyse	0,2	1	23,0	23,0	0,28
3	5 d	0°	6,0	2 d Dialyse	0,2	1	57,9	57,9	0,69
4	5 d	0°	8,2	2 d Dialyse	0,2	1	105	105	1,26
5	11 d	0°	8,0	Zweifache Ultrazentrifugierung 5 d Dialyse	0,2	2,47	2,5	1,0	0,33

phosphorhaltigen Nährlösung gezogen; um möglichst viel vom Radiophosphor in die Pflanzen einzubauen, wurde eine phosphorarme Nährlösung gewählt (KNOP-Lösung mit 0,1 der üblichen P-Konzentration: 25 mg KH_2PO_4 je l; Eisenquelle: Ferricitrat), in der der Phosphorgehalt gerade noch knapp für die Entwicklung der Pflanzen ausreichte. Die

Tabelle 2. Phosphoraufnahme und -verteilung bei Tabakpflanzen, die auf einer radiophosphorhaltigen, phosphorarmen Nährlösung aufgezogen wurden.

Reihenfolge der Blätter von unten	Trockengewicht in mg	Aktivität in T/min	Aktivität in Prozent der angebotenen Aktivität	Aktivität je 100 mg Trockengewicht
15	17,8	226	4,71	1270
13	45,5	379	7,90	832
11	74,8	311	6,48	416
9	62,2	202	4,21	325
7	65,4	176	3,67	269
5	57,8	132	2,75	228
3	54,3	39,4	0,82	72,5
1	27,0	0	0	0

In der Nährlösung waren am Schluß des Versuches weder Phosphor noch Radiophosphor nachzuweisen.

Kultur erfolgte in einem Thermostaten bei etwa 22° und 16stündiger täglicher Beleuchtung (ungefähr 8000 bis 10000 Lux). Das Ergebnis dieses Versuches ist in Tabelle 2 angeführt. Die Pflanzen hatten in der Versuchszeit von 20 Tagen den *gesamten Phosphor* aus der Lösung aufgenommen. Die Aktivität war, wie zu erwarten, in den jüngsten (obersten) Blättern am größten, und nahm bei den älteren ab, um bei den ältesten (untersten) völlig zu fehlen.

Nachdem es sich somit gezeigt hatte, daß eine genügende Aktivität in die Wirtspflanzen eingebracht werden kann, wurde der Hauptversuch mit viruskranken Pflanzen durchgeführt; das Ergebnis ist Tabelle 3 zu entnehmen. Tabakpflanzen wurden, wie im Vorversuch, auf radiophosphorhaltiger, phosphorarmer Nährlösung gezogen, jedoch mit dem Unterschied, daß sie diesmal unmittelbar nach der ersten Radiophosphorgabe mit TM-Virus infiziert wurden. Die Versuchszeit wurde auf 4 Wochen ausgedehnt; nach 2 Wochen wurde die Nährlösung erneuert, nach einer weiteren Woche erhielten die Pflanzen — die gewisse Mangelerscheinungen zeigten — zusätzlich 25 mg KH_2PO_4 mit Radiophosphor. Nach Versuchsende wurden die an den typischen Symptomen erkrankten Pflanzen geerntet und chemisch aufgearbeitet. Sie wurden hierzu eingefroren, zerkleinert und ausgepreßt. Der beim Pressen erhaltene Saft wurde 2 Tage bei —12° gehalten und wieder aufgetaut. Hierdurch wird ein chlorophyllhaltiges Material, das wir als „Chloroplastensediment" bezeichnen, zum Ausflocken gebracht. Nach Abzentrifugieren dieser Fraktion wurde der klare Saft 4 Tage dialysiert, um das gesamte niedermolekulare Phosphat zu entfernen. Der im Saft verbleibende nicht dialysierbare Phosphor kann also nur an Proteine gebunden sein. Diese wurden durch Ultrazentrifugierung in hochmolekulares Virusprotein und niedermolekulares normales Pflanzenprotein getrennt. Preßrückstand, Dialysat, Chloroplastensediment, Pflanzenprotein und Virusprotein wurden für sich verascht, das Phosphat mit Ammonmolybdat abgeschieden und die Aktivität der Niederschläge mit einem Betastrahlzählrohr (mit 100 μ Al-Wand und Argon-Alkohol-Füllung) gemessen. *Das Virusprotein zeigte eine hohe Aktivität.* Die Aktivität des Pflanzenproteins war gleich groß; im Chloroplastensediment wurde eine besonders hohe, im Dialysat eine auffallend geringe Aktivität gefunden. Die Verteilung der Aktivität auf diese verschiedenen Fraktionen muß jedoch in weiteren Versuchen unter genaueren Bedingungen untersucht werden; die hier mitgeteilten Ergebnisse können diesbezüglich nur als vorläufig und orientierend gelten, da es uns zunächst lediglich darauf ankam, die Möglichkeit eines Einbaus genügender Mengen Radiophosphor in Virusprotein in qualitativer Weise zu prüfen. In dieser Beziehung ist das Ergebnis positiv; es gelingt auf biologischem Wege, Virusprotein mit einem radioaktiven Isotop zu markieren. Daraus ergeben sich eine Reihe von Möglichkeiten, den chemischen Aufbau des Virusproteins und seine Beziehungen zum Stoffwechsel der Wirtspflanze genauer zu untersuchen. Einige solche Versuche sind im Gange[1]).

Tabelle 3. Versuch zur biologischen Synthese von radioaktivem Virus. Auf radiophosphorhaltiger Nährlösung gehaltene Tabakpflanzen wurden mit Virus infiziert und nach Vermehrung desselben in angegebener Weise aufgearbeitet.

Fraktion	Phosphorgehalt in mg	Aktivität in T/min	Spezifische Aktivität in T/(min u. mg P)
Preßrückstand . . .	3,2	6370	1990
Chloroplastensediment	0,58	2295	3960
Dialysat	1,95	903	463
Pflanzenprotein . .	0,158	163	1030
Virusprotein	0,207	211	1015

Berlin-Buch, Genetische Abteilung des KWI, Berlin-Dahlem, KWI für Biologie und KWI für Biochemie, den 1. April 1941.

H. J. Born. A. Lang. G. Schramm. K. G. Zimmer.

[1]) Die Untersuchungen werden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der I. G. Farbenindustrie A.-G. (Werk Elberfeld) und der Wissenschaftlichen Laboratorien der Auer Gesellschaft A.G., Berlin, durchgeführt.

Besprechungen.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften, 19. Band. Redig. v. F. Trendelenburg in Gemeinsch. mit F. Hund. 19. Bd. Berlin: Julius Springer 1940. III, 333 S. u. 159 Textabb. 16 cm × 24 cm. Preis brosch. RM 28.—, geb. RM 29.60.

Der vorliegende Band der Ergebnisse behandelt 4 Gegenstände, die besonders im Vordergrund der wissenschaftlichen Diskussion stehen. Die Astronomie ist vertreten durch einen Doppelaufsatz über „Interstellare Materie", in dem Schönberg die Theorie der dunklen Materie behandelt, Lambrecht die der Emissionsnebel. Die Kernphysik kommt in 2 Aufsätzen zur Sprache: Gentner berichtet über „Die Erzeugung schneller Ionenstrahlen", während Mattauch eine Übersicht über „Massenspektroskopie und ihre Anwendung auf Probleme der Atom- und Kernchemie" gibt. Der Schlußaufsatz ist der „Mikroskopie hoher Auflösung mit schnellen Elektronen" gewidmet und hat v. Borries und Ruska zu Verfassern.

Da in der erst vor 2 Jahren erschienenen Monographie von W. Becker vor allem die empirische Seite des Problems der interstellaren Absorption ausführlich dargestellt ist, legt Schönberg das Hauptgewicht auf die Theorie. Er hat damit allerdings eine nicht sehr dankbare Aufgabe gewählt, denn vor allem der Physiker wird angesichts der mehrfachen Parameter, die in die Theorie eingehen, etwas skeptisch sein gegenüber den zum Teil sehr weitgehenden Schlußfolgerungen optimistischer Astronomen über Material und Teilchengröße des interstellaren Mediums, die ganz aufgebaut sind auf der Mieschen Theorie der Beugung an kugelförmigen metallischen Teilchen. Die „Kritik der physikalischen Voraussetzungen der Theorie" wird nur kurz gestreift unter Hinweis auf zwei kleine Arbeiten, während die Folgerungen aus der Mieschen Theorie restlos übernommen werden.

In wesentlich günstigerer Lage befindet sich Lambrecht bei den Emissionsnebeln. Zwar ist manches noch Wiederholung aus dem früher von Fr. Becker und Grotrian (Ergebnisse Bd. 7, 1928) gegebenen Bericht „Über die galaktischen Nebel und den Ursprung der Nebellinien". Aber in der Zwischen-

zeit ist doch manches neue Material hinzugekommen, sowohl empirisch durch die weitere Erschließung der UV.-Spektren und die Auffindung ausgedehnter Emissionsgebiete im interstellaren Raum mit lichtstarken Spiegeln und neuen Nebelspektrographen wie auch theoretisch-physikalisch für die Deutung der Leucht- und Bewegungsvorgänge.

Der Aufsatz von GENTNER gibt eine klare Übersicht über die bei den Untersuchungen der Kernreaktionen so erfolgreich angewandten verschiedenen Apparaturen zur Erzeugung schneller Ionenstrahlen. Daß darin das Kapitel über das zur Zeit wirkungsvollste Hilfsmittel, das Zyklotron, den größten Raum beansprucht, liegt in der Natur der Sache. Die zahlreichen schematischen Zeichnungen und Bilder geben eine gute Einsicht in die Wirkungsweise der Apparaturen. Vor der Schlußtabelle mit dem Verzeichnis von 12 in Betrieb befindlichen Zyklotrons stehen die Sätze: „In Wirklichkeit laufen wesentlich mehr Anlagen in Amerika und einige auch in Europa und Japan. In Deutschland ist bisher noch kein Zyklotron in Betrieb genommen worden."

Den größten Genuß hat dem Referenten der Bericht von MATTAUCH über Massenspektrographie gebracht. Er ist schlechthin vorbildlich für die Art, wie Artikel in den Ergebnissen abgefaßt werden sollten, denn er hält das richtige Maß zwischen der vom Fachphysiker geforderten Strenge und Sauberkeit und der von einem weiteren Kreis exakter Naturwissenschaftler gewünschten allgemeinen Verständlichkeit.

Dieser reine Genuß wird bei dem inhaltlich nicht minder wertvollen und sachlich in keiner Weise zu beanstandenden Beitrag von V. BORRIES und RUSKA etwas getrübt durch die Ausführlichkeit, mit der im Text, in breiten Fußnoten und sogar noch in der Anordnung der Literatur der allmählich etwas peinlich wirkende Prioritätsstreit wieder aufgerollt wird. Mußte das sein? Bei Firmen mögen Patentansprüche eine Rolle spielen, bei Forschern lassen wir allenfalls heute noch kurze sachliche Richtigstellungen in der engeren Fachliteratur gelten. Zusammenfassende Berichte wie der vorliegende sollten sich aber mehr über die Sache stellen. Abgesehen von diesem Einwand, den ein gänzlich Unbeteiligter sich vielleicht einmal gestatten darf, sei ausdrücklich hervorgehoben, daß der Artikel mit seinen reichen Beigaben an Zeichnungen und Originalaufnahmen eine erschöpfende Übersicht über die verschiedenen Methoden zur Verwirklichung des Elektronenmikroskops und deren Leistungen gibt.

Alles in allem reiht sich der neue Band der Ergebnisse seinen Vorgängern würdig an, und ist es besonders hoch zu bewerten, daß er in dieser Zeit überhaupt und so vorzüglich erscheinen konnte.

H. KIENLE, Potsdam.

ULICH, HERMANN, **Kurzes Lehrbuch der physikalischen Chemie.** 2., veränd. u. ergänzte Auflage. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1940. XVI, 324 S. 79 Abbild. 15 cm × 23 cm. Preis geb. RM 12.—.

Das ULICHsche „Kurze Lehrbuch der physikalischen Chemie" liegt nach verhältnismäßig kurzer Zeit in 2. Auflage vor, ein Zeichen dafür, daß an einer solchen kurzen Darstellung für alle diejenigen, welche die physikalische Chemie nur als Hilfswissenschaft betreiben, ein wirkliches Interesse vorhanden war.

Über die zweckmäßigste Stoffauswahl und Art der Behandlung sind sicherlich verschiedene Ansichten möglich, wofür nur auf die Besprechung der 1. Auflage durch BARTHOLOMÉ in dieser Zeitschrift (**1939**, S. 436) oder auf die Tatsache hingewiesen zu werden braucht, daß ungefähr gleichzeitig mit dem ULICHschen das kurze Lehrbuch von W. KUHN erschienen ist mit davon wesentlich abweichender Anlage.

In der 2. Auflage sind — neben Beseitigung einiger Versehen und Mängel — nur auf einigen Gebieten (z. B. Kolloidchemie) Ergänzungen eingefügt worden (bemerkenswerterweise mit nur ganz geringfügiger Erweiterung des Umfangs), so daß hinsichtlich des Inhalts im übrigen auf die Besprechungen der 1. Auflage verwiesen werden kann. Im ganzen kann man sagen, daß in dem Buch alles zu finden ist, was man in einer knappen Darstellung der physikalischen Chemie billigerweise erwarten kann, unter Hervorkehrung natürlich der „klassischen" physikalischen Chemie, insbesondere der Thermodynamik. Daß infolgedessen das Schlußkapitel „Chemische Kräfte und Aufbau der Materie" knapp davonkommen muß und nur einen mehr oberflächlichen Überblick über das weite Gebiet vermitteln kann, wird man nicht als Manko des Buches ansehen dürfen. Denn zu einer fruchtbaren Beherrschung dieses Teiles unserer Wissenschaft wird man durch das Studium einer kurzen Einführung niemals gelangen, und der Studierende der Nachbargebiete wird sie auch gar nicht anstreben. Vielleicht hätte man auf die statistische Mechanik wenigstens deutlich hinweisen können.

Dagegen ließe sich eher streiten über das Verfahren des Verfassers, die Grundlagen der Thermodynamik als bekannt vorauszusetzen. Ref. möchte annehmen, daß es — außer solchen, welche Vorlesungen über theoretische Physik gehört haben — praktisch keine Studenten gibt, bei welchen man eine wirkliche Beherrschung des 2. Hauptsatzes voraussetzen kann. Bei Benutzung des Buches sind dann 2 Fälle möglich, mit denen der Autor auch rechnet. Entweder erwirbt sich der Studierende die notwendigen Kenntnisse der Grundlagen auf andere Weise (z. B. aus dem KUHNschen Buche, das in dieser Beziehung als glückliche Ergänzung zu dem ULICHschen gelten kann); dann wird er mit dem ULICHschen Buch, welches ihn in den Anwendungen der chemischen Thermodynamik sehr weit führt, zu einer sicheren Beherrschung derselben gelangen können. Oder aber er versucht, ohne Beherrschung der Grundlagen sich die Anwendung der Thermodynamik aus dem ULICHschen Buch zu erarbeiten. Falls ihm dies gelingt (was nur das Experiment lehren kann), so befindet er sich in der gleichen Lage wie in vielen Fällen der Ingenieur, der erfolgreich mit Formeln operiert, ohne sich um ihre tiefere physikalische Begründung zu kümmern. Man wird dies Verfahren nicht erstrebenswert finden, es wird auch bei weniger klaren Fällen zu manchen Fehlleistungen führen. Sollte aber die Erfahrung zeigen, daß man auf diese Weise den Durchschnittschemiker soweit bringen kann, daß er z. B. einigermaßen sicher chemische Gleichgewichte vorausberechnen lernt, während er das sonst nicht kann, so wird man ein solches Verfahren wohl trotzdem in gewissem Umfang befürworten müssen.

Von diesem Vorbehalt abgesehen (einem Vorbehalt nur in Hinblick auf oberflächliche Benutzer des Buches), ist die ULICHsche Darstellung der chemischen Thermodynamik ausgezeichnet.

Einige Versehen, die auch noch in der 2. Auflage stehen geblieben sind, beeinträchtigen den Wert des Buches nicht und wären bei späteren Auflagen leicht zu beseitigen (z. B. ist es nach den Versuchen von BONE wohl möglich, auch bestgetrocknetes Kohlenoxydknallgas durch hinreichend intensive Funken zu zünden).

W. JOST.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜPFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

Handbuch der Astrophysik

Herausgegeben von

G. Eberhard A. Kohlschütter H. Ludendorff

Zuletzt erschien: **Band VII**

Ergänzungsband

Berücksichtigend die Literatur bis Ende 1934
nebst einem Generalregister des Gesamtwerkes

Mit 110 Abbildungen. IX, 755 Seiten. 1936. RM 126.—; gebunden RM 129.—

Inhaltsübersicht:

Band I: Kap. 3. Spektroskopie. Von K. W. Meissner-Frankfurt a. M. — Kap. 5. Apparate und Methoden zur Messung der Gesamtstrahlung der Himmelskörper. Von W. E. Bernheimer-Wien. — **Band II:** Kap. 1. Theoretische Photometrie. Von E. Schoenberg-Breslau. — Kap. 2. Spektralphotometrie. Von H. Brück-Potsdam. — Kap. 3. Kolorimetrie. Von H. von Klüber-Potsdam. — Kap. 4. Lichtelektrische Photometrie. Von H. Rosenberg-Kiel. — Kap. 5. Photographische Photometrie. Von G. Eberhard-Potsdam. — Kap. 6. Visuelle Photometrie. Von W. Hassenstein-Potsdam. — **Band III:** Kap. 2 und 8. Thermodynamik der Sterne und Pulsationstheorie. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Kap. 3. Die Ionisation in den Atmosphären der Himmelskörper. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Chapter 4. The Principles of Quantum Theory. By S. Rosseland-Oslo. — Kap. 5. Gesetzmäßigkeiten in den Serienspektren. Von W. Grotrian-Potsdam. — Kap. 6. Theorie der Multiplettspektren. Von O. Laporte-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Bandenspektra. Von K. Wurm-Potsdam. — **Band IV:** Kap. 1. Strahlung und Temperatur der Sonne. Von W. E. Bernheimer-Wien. — Chapter 2. Solar Physics. By G. Abetti-Firenze. — Chapter 3. Eclipses of the Sun. By S. A. Mitchell-Charlottesville, Va. — Kap. 4. Die physische Beschaffenheit des Planetensystems. Von K. Graff-Wien. — Kap. 5. Kometen und Meteore. Von A. Kopff-Berlin-Dahlem. — **Band V:** Kap. 1. Klassifizierung und Beschreibung der Sternspektren. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 2. Zur Statistik der Spektraltypen. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 3. Die Temperaturen der Fixsterne. Von W. Becker-Potsdam. — Chapter 4. Luminosities, Colours, Diameters, Densities, Masses of the Stars. By K. Lundmark-Lund. — Chapter 5. Stellar Clusters. By H. Shapley-Cambridge, Mass. — Chapter 6. The Nebulae. By H. D. Curtis-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Die Milchstraße. Von B. Lindblad-Stockholm. — **Band VI:** Chapter 1. The Radial Velocities of the Stars. By K. G. Malmquist-Stockholm. — Kap. 2. Die veränderlichen Sterne. Von H. Ludendorff-Potsdam. — Chapter 3. Novae. By F. J. M. Stratton-Cambridge. — Kap. 4. Doppelsterne. Von W. Rabe-München. — Erläuterungen zu den Abkürzungen. — Sachverzeichnis zu Band I—VII.

Die übrigen Bände:

Band I: **Grundlagen der Astrophysik.** I. Teil. Mit 299 Abbildungen. XII, 564 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band II: **Grundlagen der Astrophysik.** II. Teil. 1. Hälfte. Mit 134 Abbildungen. XI, 430 Seiten. 1929. RM 59.40; gebunden RM 62.10

2. Hälfte. Mit 85 Abbildungen. VII, 322 Seiten. 1931. RM 48.60; gebunden RM 51.48

Band III: **Grundlagen der Astrophysik.** III. Teil. 1. Hälfte. Mit 44 Abbildungen. X, 473 Seiten. 1930. RM 66.60; gebunden RM 69.30

2. Hälfte. Mit 131 Abbildungen. VIII, 358 Seiten. 1930. RM 52.92; gebunden RM 55.80

Band IV: **Das Sonnensystem.** Mit 221 Abbildungen. VIII, 501 Seiten. 1929. RM 68.40; gebunden RM 70.92

Band V: **Das Sternsystem.** I. Teil. 1. Hälfte. Mit 173 Abbildungen. X, 574 Seiten. 1932. RM 96.—; gebunden RM 99.—

2. Hälfte: Mit 118 Abbildungen und 2 Tafeln. X, 582 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band VI: **Das Sternsystem.** II. Teil. Mit 123 Abbildungen. IX, 474 Seiten. 1928. RM 59.40; gebunden RM 61.83

Jeder Band ist einzeln käuflich, Bandteile werden nicht einzeln abgegeben.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Anorganische Mikrogewichtsanalyse

Von

Friedrich Hecht und **Julius Donau**

Assistent am II. chemischen Institut der Universität Wien — Dozent der Technischen Hochschule Graz

Mit 102 Abbildungen im Text

Band 1 der Sammlung „Reine und angewandte Mikrochemie in Einzeldarstellungen"
Herausgegeben von F. Hecht

XVII, 350 Seiten. 1940. RM 27.—; gebunden RM 28.50

Inhaltsübersicht:

Einleitung. — Apparate und Arbeitstechnik. I. Waagen und Wägetechnik. Mikrowaagen. Die Mikrowaage von W. H. F. Kuhlmann. Die neue Nernst-Waage. II. Wägungsformen. 1. Eigenschaften der für die Mikroanalyse geeigneten Wägungsformen. 2. Anorganische und organische Wägungsformen. III. Vorbereitungen zur Analyse. 1. Probenahme. 2. Einwaage. 3. Lösen und Aufschließen. IV. Reagenzien. 1. Reagensbehälter. 2. Anorganische Reagenzien. 3. Organische Reagenzien. V. Geräte und Teiloperationen der Analyse. 1. Rückstandsbestimmungen. 2. Fällen und Fällungsgeräte. 3. Filtration, Filtergeräte, Auswaschen. 4. Lösen und Umfällen von Niederschlägen. 5. Trocknen der Niederschläge. 6. Glühen der Niederschläge. 7. Abdampfen. 8. Abrauchen. 9. Methodik nach J. Donau. 10. Elektrolyse. 11. Dichtebestimmung von Flüssigkeiten. — **Analysenmethoden.** I. Einzelbestimmungen. 1. Kationen der Schwefelwasserstoffgruppe. Silber. Blei. Cadmium. Kupfer. Wismut. Quecksilber. Rhenium. Arsen. Antimon. Zinn. Molybdän. Selen. Tellur. Gold. Palladium. Platinmetalle. 2. Kationen der Ammoniumsulfidgruppe. Eisen. Nickel. Kobalt. Zink. Mangan. Vanadin. Uran. Beryllium. Aluminium. Chrom. Thallium. Thorium. Seltene Erden. Zirkonium. Titan. 3. Erdalkalien. Magnesium. Calcium. Strontium. Barium. 4. Alkalimetalle. Natrium. Kalium. Lithium. Natrium, Kalium (Summe). Rubidium. Caesium. 5. Anionen. Halogene. Kieselsäure. Kohlensäure. Phosphorsäure. Schwefel. 6. Wasser. 7. Bestimmungsmethoden nach J. Donau. II. Trennungen von Kationen. Trennung und Bestimmung von Antimon und Zinn. Trennung und Bestimmung von Blei und Kupfer. Bestimmung des Kupfers als Chinaldinat in Anwesenheit von Cadmium, Blei, Mangan, Nickel, Kobalt, arseniger Säure, Arsensäure, Phosphorsäure. Elektrolytische Trennung und Bestimmung von Kupfer und Zink in Messing. Bestimmung des Kupfers neben Eisen. Trennung und Bestimmung von Nickel und Kupfer. Trennung und Bestimmung von Aluminium und Beryllium. Trennung und Bestimmung von Beryllium und Magnesium. Trennung und Bestimmung von Aluminium, Beryllium und Magnesium. Trennung und Bestimmung von Eisen und Aluminium. Trennung und Bestimmung von Eisen, Aluminium und Titan. Trennung und Bestimmung von Nickel und Uran. Trennung und Bestimmung von Zink und Uran. Bestimmung des Zinks als Chinaldinat in Anwesenheit von Kupfer, bzw. von Quecksilber und Silber. Bestimmung des Zinks als Chinaldinat in Anwesenheit von Mangan. Bestimmung des Zinks als Chinaldinat in Anwesenheit von Eisen oder Aluminium. Trennung des Thoriums von den seltenen Erden und Bestimmung des Thoriums. Trennung und Bestimmung von Eisen, Aluminium, Titan, Mangan, Calcium und Magnesium. Anhang: Bestimmung bzw. Trennung der Halogene. III. Spezialmethoden. 1. Fällungen im hängenden Tropfen und auf Trägersubstanzen. 2. Mikroanalysen nach dem Prinzip von Carius. IV. Analyse zusammengesetzter Substanzen. 1. Legierungsanalyse. 2. Mineralanalyse. V. Bestimmung von Nebenbestandteilen in zusammengesetzten Substanzen. Die Bestimmung des Bleies in Allaniten als Beispiel der mikrogewichtsanalytischen Ermittlung eines Mineral-Nebenbestandteiles. — Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN WIEN

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5. Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Printed in Germany.